

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Е. А. Иофис

74
4-75

КИНОФОТОПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

42001
ис

КБ АТО
ТЕХ. БИБЛИОТЕКА
Инв. № _____

МОСКВА
«ИСКУССТВО»
1980

ОТ АВТОРА

Книга представляет собой учебник по курсу «Кинофото-процессы и материалы», читаемому на кинооператорском факультете Всесоюзного государственного института кинематографии.

Второе издание учебника потребовалось потому, что за прошедшие 15 лет в кинематографии и на телевидении появились новые процессы, в основном — цветные.

В книге, в отличие от инженерных курсов, рассчитанных на технологов по производству и обработке светочувствительных материалов, изложены свойства киноплёнок, технология их обработки и способы оценки изображений в объёме сведений, необходимых кинооператору.

Автор стремился исключить дублирование дисциплин «Киносъёмочная аппаратура и оптика», «Киносветотехника», «Видеозапись» и «Операторское мастерство», изучаемых студентами кинооператорского факультета, вследствие чего некоторые сведения изложены кратко.

Книга может служить пособием для операторов-практиков, работающих в кино- и телестудиях.

Автор благодарит коллег кафедр Кинотелетехники и Операторского мастерства ВГИКа, а также научных работников и технологов Л. Ф. Аргюшина, Л. И. Архипова, В. М. Болдарчука, А. П. Иванова и Г. Ю. Прохвирину за помощь в работе над рукописью.

Евсей Абрамович Иофис
Кинофотопроцессы и материалы

Редактор В. С. Богатова. Художник И. С. Клейнрад. Художественный редактор Г. И. Сауков. Технический редактор А. Н. Ханина. Корректоры В. П. Акулинина и З. П. Соколова. Сдано в набор 18.06.79. Подписано в печать 08.02.80. А04391. Формат издания 60×90/16. Бумага типографская № 2. Гарнитура обыкновенная. Высокая печать. Усл. п. л. 15. Уч.-изд. л. 16,28. Изд. № 18695. Тираж 20 000. Заказ 456. Цена 90 коп. Издательство «Искусство», 103009 Москва, Собиновский пер., 3. Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97, И.Б. 1105

И 32303—047
025(01)—80 122—80 4910030000 © Издательство «Искусство», 1980 г.

§ 1. Строение киноплёнок

Основным носителем изображения и звука в фильме является киноплёнка.

Киноплёнка представляет собой гибкую ленту, по краям которой расположены перфорационные отверстия для перемещения и фиксации киноплёнок в киноаппаратах и машинах.

Киноплёнки имеют сложное строение. Они состоят из связанных между собой слоёв и подложки, резко различных по свойствам.

Заводы, изготавливающие киноплёнки, относятся к предприятиям с высокой технологической культурой. Технология построена на глубоких научно-исследовательских работах, предусматривающих использование разнообразного сырья и прецизионного оборудования.

Киноплёнки бывают черно-белыми и цветными, и обладают они различными фотографическими и техническими свойствами.

Основным слоем киноплёнок является светочувствительный, представляющий фотографическую эмульсию (суспензию) — водный раствор желатин, содержащий во взвешенном состоянии микрокристаллы галогенидов серебра (AgBr , AgCl , AgJ). Желатина защищает их от выпадения. Галогенидосеребряные микрокристаллы — светочувствительная часть фотографической эмульсии. Светочувствительность их объясняется присутствием в кристаллической решетке микрокристаллов включений из металлического или сернистого серебра. Эти включения служат центрами светочувствительности (рис. 1. 1). В одном микрокристалле может быть несколько центров светочувствительности. Располагаются они на поверхности и внутри микрокристалла.

Желатина относится к природным полимерам животного происхождения. Изготавливают ее из костей, сухожилий, хрящей и т. п. путем длительного кипячения в воде. Сухая желатина без вкуса, запаха, почти бесцветна или слегка желтовата.

Желатина имеет очень важное значение при изготовлении киноплёнок. Она содержит примеси, называемые химическими сенсibilizаторами. Эти сенсibilizаторы участвуют в создании

центров светочувствительности микрокристаллов галогенида серебра и способствуют повышению светочувствительности киноплёнок. Желатина обеспечивает равномерное протекание физико-химических процессов при обработке киноплёнок, влияет на сохранность фотографических свойств и т. д. Однако желатина имеет и ряд недостатков по физико-механическим свойствам, как-то: малую механическую прочность, малую теплоустойчивость, хрупкость, скручиваемость и др. Существенным недостатком желатины является непостоянство светочувствительности микрокристаллов галогенида серебра, которое почти невозможно учесть при изготовлении фотографической эмульсии, что осложняет получение однородных по свойствам киноплёнок.

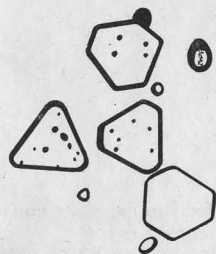


Рис. 1.1. Центры светочувствительности в микрокристаллах галогенида серебра

от вида киноплёнок в 1 см^3 может быть от 10^6 до 10^{14} микрокристаллов. Они распределены в светочувствительном слое беспорядочно и во много ярусов друг над другом. Светочувствительность фотографической эмульсии связана с размерами микрокристаллов. Обычно чем они крупнее и больше имеют центров светочувствительности, тем выше светочувствительность. У позитивных киноплёнок, имеющих малую светочувствительность, диаметр микрокристаллов близок к $0,63 \text{ мкм}$, у негативных — среднечувствительных около $0,79 \text{ мкм}$, у высокочувствительных — $1,09 \text{ мкм}$. В каждом светочувствительном слое киноплёнок есть разные по размерам микрокристаллы.

В некоторые фотографические эмульсии, главным образом для негативных киноплёнок, добавляют соли золота. Эти соли относятся к химическим сенсibilизаторам. Полагают, что при введении солей золота в фотографическую эмульсию протекает процесс, в результате которого происходит обмен между серебряными или сернисто-серебряными центрами светочувствительности и ионами золота в микрокристалле, с образованием золотых центров светочувствительности. Концентрация золота в фотографической эмульсии чрезвычайно мала. Золотая сенсibilизация увеличивает светочувствительность киноплёнок в несколько раз.

Химическими сенсibilизирующими свойствами обладают также некоторые соли других благородных металлов — платины, иридия и др. От того, в каком количестве и как распределены центры светочувствительности в микрокристаллах галогенида серебра и каковы их размеры, зависят многие свойства фотографической эмульсии.

Естественная чувствительность галогенида серебра ограни-

чена ультрафиолетовой, фиолетовой и синей зонами спектра. Такая спектральная чувствительность галогенида серебра приводит к искажениям в воспроизведении объекта съёмки. Визуально яркие цвета — желтый, зеленый и красный — в фотографическом изображении будут переданы темными, а фиолетовые и синие — светлыми, что совершенно не согласуется с восприятием глаза.

Спектральная чувствительность галогенидов серебра может быть расширена на весь видимый спектр и некоторую часть инфракрасной области. Дополнительно спектральную чувствительность получают путем введения в фотографическую эмульсию оптических сенсibilизаторов. К ним относятся специальные красители, способные адсорбироваться на микрокристаллах галогенидов серебра и поглощать излучения той области спектра, к которой оцувствляют светочувствительный слой киноплёнки.

Механизм сенсibilизации до конца не выяснен. Упрощенно этот процесс можно представить так: адсорбированный краситель, поглощая длинноволновые излучения, не действующее на галогениды серебра, передает приобретенную энергию микрокристаллу. Тем самым создаются благоприятные условия для первичного акта образования скрытого изображения. Или еще проще: оптические сенсibilизаторы, будучи окрашенными веществами, обладают избирательным поглощением и первоначально являются поглотителями световой энергии, затем передатчиками этой энергии микрокристаллу галогенида серебра.

С помощью оптических сенсibilизаторов созданы фотографические эмульсии дополнительно чувствительные к любой области види-

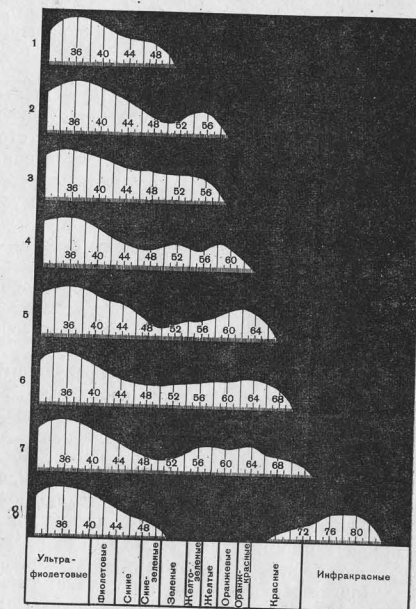


Рис. 1.2. Спектральная чувствительность фотографических эмульсий: 1 — несенсибилизированная, 2 — ортохроматическая, 3 — изортохроматическая, 4 — изохроматическая, 5 — панхроматическая, 6 — изопанхроматическая, 7 — панхроматическая, 8 — инфрапанхроматическая

мого спектра и к его ближним частям — ультрафиолетовой и инфракрасной (рис. 1. 2).

Фотографические эмульсии для цветных киноплёнок не только различны по спектральной чувствительности, но и содержат краскообразующие компоненты. Они в процессе проявления киноплёнок создают в светочувствительных слоях изображения из красителей: желтого, пурпурного и голубого. Краскообразующие компоненты могут быть бесцветными и окрашенными.

В фотографические эмульсии вводят различные добавки. К ним относятся: стабилизаторы — способствующие сохранности фотографических свойств киноплёнок и увеличивающие срок их годности; пластификаторы — придающие гибкость и пластичность светочувствительному слою и уменьшающие его хрупкость; дубители — повышающие температуру плавления светочувствительного слоя, его механическую прочность и уменьшающие набухаемость; антисептики — предохраняющие эмульсию от бактериологического разрушения; смачиватели — обеспечивающие равномерность нанесения светочувствительного слоя на подложку.

В некоторые фотографические эмульсии для повышения разрешающей способности и снижения ореолообразования (§ 12) вводят красители, окрашивающие светочувствительный слой.

Подложка киноплёнок представляет собой триацетат целлюлозы, обычно называемой триацетатом.

Основным сырьём (плёнокообразующим) для изготовления триацетатной подложки служит целлюлоза, например хлопковый пух.

В процессе изготовления подложки целлюлозу с помощью специальных растворителей (уксусная кислота, метилхлорид и др.) превращают в однородную вязкую массу. После соответствующей обработки в массу добавляют пластификаторы, стабилизаторы и вещества, улучшающие механические свойства подложки.

Чтобы вязкая масса была пригодна для отлива подложки, раствор очищают многократной фильтрацией от различных загрязнителей, удаляют из раствора пузырьки воздуха и т. д.

Подготовленный раствор поступает в машины, в которых осуществляются все операции по изготовлению подложки: от отлива до сушки. Отлитая подложка в виде прозрачной и эластичной ленты наматывается на бобину, часто называемую осью, номер которой указывается на изготовленной киноплёнке.

Рулон, намотанный на бобину, может быть шириной 120 см и длиной до 9000 см. В зависимости от типа киноплёнок подложку изготавливают разной толщины. Обычная толщина триацетатной подложки — 130—140 мкм.

Технологический процесс изготовления подложки происходит в строго регламентированных условиях, контролируемых и регулируемых автоматическими приборами.

Подложка должна иметь высокую механическую прочность, ровную поверхность, оптическую прозрачность, термическую стойкость, химическую инертность и безудачность. Все эти свойства нормированы.

Для некоторых видов киноплёнок подложку делают слабо окрашенной в голубой или сиреневый цвет.

Специальные виды киноплёнок имеют подложку из лавсана, который много тоньше (70—80 мкм) и прочнее триацетата. Зарубежные фирмы лавсан называют терилеком, кронаром, актаром и др.

К вспомогательным слоям киноплёнок относят: подслои, защитный, противоореальный, противоскручивающий, противостатический, светочувствительный и промежуточный слой.

Подслой расположен непосредственно на поверхности подложки киноплёнки. Он обеспечивает прочное сцепление светочувствительного слоя с подложкой. Подслой состоит из желатины, растворителя и вещества, способствующего набуханию поверхности подложки. При отсутствии подслоя или недоброкачественности его светочувствительный слой может отделиться от подложки, особенно во время обработки киноплёнки в растворах.

Защитный слой наносится на наружный светочувствительный слой киноплёнки. Он предохраняет светочувствительный слой от механических повреждений, могущих появиться при транспортировании киноплёнки в съёмочном, копировальном и проекционном аппаратах, а также во время других операций. Этот слой представляет собой раствор желатины с дубящими веществами, которые вследствие диффузионных свойств дубят и нижележащие слои, повышая их прочность. У некоторых типов киноплёнок желатина в защитном слое заменена синтетическим полимером.

Противореальный слой помещается на одной из сторон подложки киноплёнки. Он предохраняет светочувствительный слой от ореолов, возникающих при съёмке ярких деталей объекта. Противореальный слой должен поглощать лучи, прошедшие через светочувствительный слой и отражаемые подложкой киноплёнки. Противореальный слой может состоять из разных веществ, в том числе из частиц металлического серебра темно-синего или коричневого цвета. Наилучшие качественные противореальные слои получают из сажи, поглощающей все лучи видимого спектра, отражаемые подложкой. Этот слой расположен на наружной стороне подложки. При фотографической обработке киноплёнок противореальный слой обесцвечивается или механически стирается. Некоторые киноплёнки имеют окрашенную подложку, обладающую противореальными свойствами.

Противоскручивающий слой (контрслой) наносится на наружную поверхность подложки киноплёнки. Он препятствует скручиванию подложки светочувствительным слоем и придает киноплёнке плоскостность.

Противостатический слой наносится на наружную поверхность подложки. Он устраняет накопление статического электричества киноплёнкой при её перематке. Статическое электричество служит причиной появления на киноплёнке изображений электрических разрядов (ветки и точки) и сильно притягивает пыль, загрязняющую киноплёнку и способствующую возникновению царапин, нагара и т. д. Противостатический слой содержит электролиты, которые за счёт своей электропроводности удаляют заряды статического электричества.

Светофильтровый слой помещается между светочувствительными слоями киноплёнки. Он поглощает лучи, которые не должны действовать на расположенный под ним светочувствительный слой. Светофильтровые слои применяют в цветных киноплёнках для придания им зональной чувствительности. Так, желтый светофильтровый слой между наружным — синечувствительным и средним — зеленочувствительными слоями обеспечивает получение цветоделенных изображений. Пурпурный светофильтровый слой, имеющийся у неко-

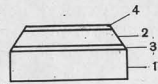


Рис. 1.3. Строение черно-белой киноплёнки: 1 — подложка, 2 — светочувствительный слой, 3 — подслой, 4 — защитный слой

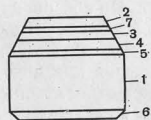


Рис. 1.4. Строение цветной киноплёнки: 1 — подложка, 2 — синечувствительный слой, 3 — зеленочувствительный слой, 4 — красноточувствительный слой, 5 — подслой, 6 — противореальный слой, 7 — желтый светофильтр.

торых цветных киноплёнок в дополнение к желтому, расположенный между зелено- и красноточувствительными слоями, улучшает цветоделительные их характеристики. Желтый светофильтровый слой обычно состоит из частиц металлического серебра коллоидных размеров, равномерно распределенных в желатиновой среде. Частицы серебра имеют строение, которое придает слою желтый цвет, поглощающий только синие лучи. Светофильтровые слои обеспечиваются при фотографической обработке киноплёнок.

Промежуточный слой между двумя соседними светочувствительными слоями цветной киноплёнки препятствует диффузии краскообразующих компонент и красителей. Отсутствие диффузии способствует повышению качества цветного изображения.

Некоторые слои объединяют ряд функций киноплёнки.

Количество светочувствительных и вспомогательных слоев определяется назначением киноплёнки.

Черно-белые киноплёнки имеют один или два светочувствительных и несколько вспомогательных слоев (рис. 1.3). У негативных киноплёнок с двумя светочувствительными слоями — полуслоями — они разные по светочувствительности: нижний — менее светочувствительный, верхний — более светочувствительный. Различаются они и по другим характеристикам. Такое строение способствует лучшему воспроизведению объекта съёмки.

Цветные киноплёнки имеют три светочувствительных слоя, разных по спектральной чувствительности, и три краскообразующие ком-

поненты, создающие разные красители, из которых строится цветное изображение (рис. 1.4). Есть цветные киноплёнки со светочувствительными слоями, состоящими из двух полуслоев. В этом случае каждый из полуслоев содержит разные краскообразующие компоненты (см. § 16). Цветные киноплёнки всегда имеют несколько вспомогательных слоев.

Машины для нанесения слоев на подложку различны по конструкции поливных устройств, лентопротяжных трактов и способу сушки.

Наиболее современные машины имеют экструдерное поливное устройство, с помощью которого точно дозированное количество фотографической эмульсии или массы вспомогательного слоя подается под давлением через капилляр на подложку. Подложка поступает на полив большими широкими рулонами.

Экструдерное устройство позволяет наносить калиброванный слой, толщина которого обусловлена требованиями типа киноплёнки. Некоторые из этих устройств рассчитаны на полив нескольких светочувствительных или вспомогательных слоев за один цикл прохода подложки в машине. В этом случае несколько разных по свойствам эмульсий подается через отдельные капилляры и наносится на подложку, не смешиваясь друг с другом. Для нанесения большого числа слоев поливные машины располагаются последовательно и подложка переходит с одной машины на другую.

Каждый поливаемый слой должен быть строго одинаковым по толщине и равномерным по нанесу в продольном и поперечном направлении всего рулона подложки. Такое постоянство толщины наноса необходимо для всех рулонов подложки, которые входят в одну партию киноплёнки, обозначенной определенным номером или типом эмульсии.

Малейшие отклонения толщины наноса светочувствительного слоя скажутся на стандартности фотографических свойств киноплёнки. Изображение на соответствующих этим нарушениям участках будет неполноценным — на нем могут быть светлые и темные полосы, изменение цвета, мигание и другие дефекты. Весьма незначительные колебания толщины, порядка $\pm 2\%$, вызывают в некоторых случаях ощутимые изменения в контрастности киноплёнки. Поэтому при поливе слоев на подложку широко пользуются автоматическими устройствами, обеспечивающими заданную толщину слоев и равномерность наноса.

После полива слоев подложка поступает в сушку. Эта операция представляет сложный тепловой и технологический процесс, существенно влияющий на свойства киноплёнок.

Сушка осуществляется разными устройствами: подложка со слоями движется непрерывно на барабанах, роллгангах, воздушных подушках и т. д. Для сушки используют зонально подогретый, сухой и очищенный воздух.

Высушенную подложку наматывают на бобины и для предохранения ее от света помещают в контейнеры, в которых она поступает в цех отделки.

В цехе отделки подложку с нанесенными слоями подвергают резке, перфорированию и другим операциям.

Широкие рулоны подложки разрезают на полосы с помощью резательных машин, имеющих дисковые ножи. Ширина полос определяется форматом изготавливаемых киноленок. Нарезанные полосы наматывают на стандартные пластмассовые бобины.

Перфорационный станок, представляющий собой пресс автоматического действия, работает прерывисто. За каждый цикл пробивается несколько пар перфорационных отверстий. Станок имеет мощное устройство для удаления с поверхности киноленки пыли, возникающей при вырубке отверстий.

Одновременно с перфорированием на краю киноленок печатают название завода, дата выпуска и другие обозначения, видимые после фотографической обработки киноленок. Эти надписи, печатаемые через трафареты, расположены на стандартном расстоянии друг от друга.

Негативные и некоторые другие киноленки имеют двустороннюю маркировку. С одного края наносят обозначения, связанные с технологией производства, с другого — метражные (футажные) номера и кадровые линии. Двустороннее маркирование выполняется световой и типографской печатью. Расстояние между цифрами, нарастающими в определенной последовательности, и расстояния между линиями строго постоянны.

От точности работы резательной машины и перфорационного станка зависит устойчивость изображения на экране и характер прохождения киноленок в трактах съемочной, копировальной и проекционной аппаратуры. При неисправности резательной машины обрез края киноленки может оказаться неровным, с заусеницами и нестандартной ширины. Несимметричный шаг перфорационных отверстий, надколы в них и другие дефекты перфораций возникают при неполадках в работе перфорационного станка.

Киноленки, имеющие ограниченную спектральную чувствительность, просматривают в отраженном или проходящем неактиничном свете. Кроме того, качество полива слоев проверяют по узким кромкам, срезаемым с обоих краев широкого рулона резательной машиной.

Киноленки, не прошедшие из-за расширенной спектральной чувствительности визуального контроля, проверяют после всех отделочных операций выборочным методом. От обусловленного количества киноленок отбирают образцы в порядке, обеспечивающем наибольшую вероятность обнаружения дефекта. Просматривая образцы при белом освещении, а также после фотографической обработки, устанавливают качество полива слоев на подложку.

На некоторых заводах применяют электронно-оптические преобразователи для визуального наблюдения за операциями при производстве киноленок и для контроля политых слоев. Конец каждого рулона маркируют игольчатыми компостерами — пробивая номер или тип эмульсии и другие знаки.

Как правило, киноленки наматывают светочувствительным слоем внутрь рулона. Для специальных съемочных и копировальных аппаратов есть киноленки, которые намотаны светочувствительным слоем наружу.

Наматывают киноленку на сердечники-катушки, изготовленные из полистирола или других ударопрочных материалов (рис. 1.5). Размеры сердечников по ГОСТу 22022—76 указаны в табл. 1. Иногда применяют металлические бобины.

Намотка киноленок по метражу должна соответствовать емкости касет аппаратов, особенно это требование относится к высокочувствительным киноленкам, которые совершенно недопустимо перематывать до съемки. Во время перемотки на киноленке возможно появление электрозарядов, царапин, потерь и загрязнения поверхностей.

Киноленки упаковывают в конверты из влаго- и светонепроницаемых материалов. Упакованные киноленки помещают в металлические или пластмассовые коробки, по внутреннему борту которых прокладывают полоску из специального материала, предохраняющего рулон от трения о стенки коробки.

Коробки по стыку заклеивают липкой лентой, на этикетку наносят маркировочные надписи, характеризующие киноленку.

Некоторые малометражные рулоны киноленок с обоих концов имеют светонепроницаемые ракорды, допускающие зарядку съемочного аппарата при белом освещении. Иногда рулоны упаковывают в специальные кассеты, рассчитанные на определенный тип съемочного аппарата.

Полностью оформленные киноленки комплектуют по фотографическим свойствам в укрупненные партии. Чем больше партия одной киноленки, тем рациональнее она может быть использована.

Таблица 1

Размеры сердечников для намотки киноленки

Ширина киноленки, мм	Размеры, мм						
	a	b	b ₁	d	l	f	f ₁
8	29,5	25,7	—	50	7,9	3,8	—
16	29,5	25,7	—	50	15,9	3,8	—
35	29,5	25,7	—	50	34,9	3,8	—
35	29,5	25,7	—	75	34,9	3,8	—
35	29,5	27,5	33,5	100	34,9	3,8	8
70	29,5	27,5	33,5	75	69,9	3,8	8

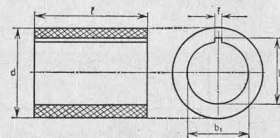


Рис. 1.5. Сердечники-катушки для намотки киноленки

§ 4. Контроль киноплёнок

Производство киноплёнок подвергается непрерывному и строгому контролю с помощью специальной аппаратуры. Однако самый тщательный пооперационный контроль и контроль готовой продукции не гарантируют полного отсутствия дефектов на киноплёнке, особенно локальных.

В табл. 2 приведены некоторые дефекты киноплёнок заводского происхождения, обнаруживаемые в процессе их использования.

Дефекты киноплёнок

Таблица 2

№ п/п	Вид дефекта
1	Вытянутый край киноплёнки
2	Заусеницы по краю киноплёнки
3	Метраж киноплёнки не соответствует указанному на коробке
4	Надкол перфорационных отверстий
5	Надсечка кромки перфорационных отверстий
6	Неравномерный нанос светочувствительного слоя на подложку
7	Нестандартный шаг перфораций
8	Нестандартная ширина киноплёнки
9	Перфорационная пыль на киноплёнке
10	Поврежденный край киноплёнки
11	Повышенная хрупкость киноплёнки
12	Подслойные вкрапления
13	Полосы продольные
14	Пропуск лакового покрытия подложки
15	Пропуск перфораций
16	Пузырьки в светочувствительном слое или в подложке
17	Пятна глиняные на светочувствительном слое
18	Отпечатки пальцев на киноплёнке
19	Отслаивание светочувствительного слоя от подложки
20	Сабельный край у киноплёнки
21	Сдвиг перфораций от кромки киноплёнки
22	Скручивание киноплёнки
23	Слипание киноплёнки
24	Отслаивание от подложки ферромагнитного лака
25	Чёрная полоса на светочувствительном слое
26	Чрезмерно прочный противореольный сажевый слой
27	Парапина подслойная
28	Шахматное смещение перфораций

§ 5. Экспонирование киноплёнок

Во время съёмки или печатания изображения плёнку экспонируют, то есть подвергают действию света светочувствительный слой киноплёнки, в результате в нем образуется скрытое изображение.

Природа образования скрытого изображения чрезвычайно сложна и до конца не выяснена.

Установлено, что скрытое изображение состоит из весьма малых частичек металлического серебра в микрокристаллах галогенида се-

ребра, рисующих объект съёмки как бы пунктиром в светочувствительном слое киноплёнки. Полагают, что частицы металлического серебра, образующие скрытое изображение, отличаются от частиц, составляющих видимое изображение, только размерами.

По чрезвычайно упрощённой схеме скрытое изображение возникает так (рис. 1.6.): под действием света в микрокристалле галогенида

серебра появляются свободные электроны, способные перемещаться по всему кристаллу. Перемещаясь, электроны попадают в ловушки — ямы, являющиеся центрами чувствительности микрокристалла и представляющие собой нарушения в кристаллической решетке, появившиеся при изготовлении фотографической эмульсии вследствие присутствия примесных центров (Ag, Ag₂S), трещин, сдвигов и других дефектов. В процессе экспонирования электроны, накапливаясь на центрах чувствительности, придают им отрицательный заряд. К этим центрам под действием электрических сил притяжения устремляется поток ионов Ag⁺ с зарядами противоположного знака, которые, сочетаясь с электронами, образуют нейтральные атомы серебра — центры скрытого изображения. В каждом центре чувствительности возникает столько атомов серебра, сколько было захвачено электронов. По этой схеме образование скрытого изображения происходит в три этапа. Возникшие на первом этапе под действием квантов света центры скрытого изображения очень малы и нестабильны. Сохранение этих центров и дальнейший их рост возможны лишь при наличии в зоне действия центров чувствительности достаточного количества свободно перемещающихся электронов. Во втором этапе под продолжающимся действием света центры приобретают должную стабильность, но еще недостаточно велики, чтобы служить центрами проявления. Такие образования называют субцентрами. На третьем этапе субцентры при участии квантов света вырастают до размеров, при которых они способны проявляться.

Разумеется, границы между тремя этапами образования скрытого изображения весьма условны и зависят от многих факторов.

В зависимости от природы микрокристаллов и условий экспонирования в одном микрокристалле могут возникнуть один или несколь-

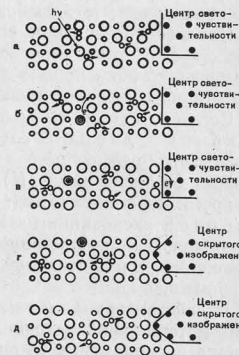


Рис. 1.6. Схема образования скрытого изображения: О — ион серебра, находящийся в узле решетки, О — междоузельный ион серебра, О — атом серебра, О — ион галогена, e — свободный электрон; а — неэкспонированный микрокристалл галогенида серебра, б — первая стадия — поглощение кванта света ионом галогена с образованием атома галогена и освобождением электрона, в — вторая стадия — захват электронов ионами серебра, г — третья стадия — неактивизация междоузельным ионом серебра зародка центра светочувствительности с образованием атома серебра, д — четвертая стадия — уход атома галогена из микрокристалла

ко центров скрытого изображения. Кроме того, они могут быть расположены на поверхности и внутри микрокристалла. Кратковременное действие света высокой интенсивности приводит к образованию большого числа мелких центров скрытого изображения на поверхности и в глубине микрокристалла. Наоборот, длительное действие света малой интенсивности вызывает появление крупных центров скрытого изображения в основном на поверхности микрокристалла. Размещение центров скрытого изображения влияет на последующие процессы.

Процесс образования скрытого изображения на цветных киноплёнках аналогичен процессу, происходящему в черно-белых киноплёнках. Отличие лишь в том, что скрытое изображение размещено в различно сенситизированных слоях цветной киноплёнки.

Согласно одному из основных положений фотохимии, названного законом взаимозаместимости, следует, что количество вещества, образовавшегося в результате фотохимической реакции, зависит от экспозиции (H), равной освещённости (E), умноженной на время действия света (t). Из этого закона следует, что при одинаковой экспозиции независимо от того, как эта экспозиция получена (при большой освещённости и малой выдержке или при малой освещённости и длительной выдержке), результаты должны быть одинаковыми.

В действительности закон взаимозаместимости для фотографических материалов справедлив лишь в некоторых пределах, так как замечена неравномерность одинаковых экспозиций, осуществляемых различно, т. е. в одном случае — при большой освещённости и малой выдержке, в другом — при малой освещённости и длительной выдержке. Отклонения от закона взаимозаместимости наблюдаются и при изменении способа экспонирования, например, если две киноплёнки экспонировали с одной экспозицией, но одну — нормально, другую — прерывисто.

Величина отклонения от закона взаимозаместимости зависит от многих причин, в том числе и от свойств киноплёнок. При равных экспозициях на разных киноплёнках эта величина может быть различной, что иногда заметно на цветных киноплёнках, имеющих разные по свойствам светочувствительные слои.

На образование скрытого изображения влияет температура воздуха, при которой ведётся съёмка, так как в зависимости от температуры происходит изменение светочувствительности киноплёнок. Замечено, что с понижением температуры при высокоскоростной съёмке с короткими выдержками, приблизительно 0,001 с, светочувствительность киноплёнок оказывается ниже, чем при обычной температуре; так, при минус 20°C светочувствительность снижается в 2—3 раза. Наоборот, повышение температуры окружающей среды приводит к увеличению светочувствительности. Так, съёмка с той же короткой выдержкой при температуре плюс 60°C показывает повышение светочувствительности киноплёнок в 2—3 раза.

Противоположное явление обнаруживается, когда съёмка ведётся с длительными выдержками (в несколько минут). В этом случае понижение температуры воздуха до минус 20°C делает киноплёнки све-

точувствительнее в 2—3 раза; повышение температуры до плюс 60°C приводит к снижению светочувствительности в 2—3 раза.

Температура окружающей среды влияет и на цветочувствительность киноплёнок, причем по-разному в различных частях спектра. Изменение температуры больше сказывается на чувствительности киноплёнок к желто-красной и инфракрасной частям спектра. Это свойство следует учитывать при съёмке на морозе со светофильтрами. Например, если общая светочувствительность киноплёнок из-за мороза понижается в 2—3 раза, то с применением желтого или оранжевого светофильтров она снизится в 4—5 раз. Чувствительность киноплёнок к желто-красной части спектра уменьшается и в том случае, когда общая светочувствительность должна быть выше вследствие съёмки с очень длительными выдержками.

§ 6. Проявление изображения

Скрытое изображение становится видимым после проявления киноплёнки.

Во время проявления скрытого изображения происходит усиление в сотни миллионов и десятки миллиардов раз результатов действия лучистой энергии на светочувствительный слой киноплёнки. Этот слой после проявления называют фотографическим.

Проявление может быть химическим, физическим и смешанным.

Под химическим проявлением понимают процесс, при котором восстановление микрокристаллов галогенида серебра в металлическое серебро начинается с центров скрытого изображения и постепенно распространяется на весь микрокристалл. В начале серебряные частицы, образовавшиеся на центрах светочувствительности и ставшие центрами проявления, растут во всех направлениях равномерно. В дальнейшем эти частицы вытягиваются в нити и создают зерно из массы серебряных нитей (рис. 1.7). Восстановление одного микрокристалла не распространяется на другой, не содержащий центров проявления. Такое восстановление имеет место, если другие микрокристаллы не находятся в непосредственном контакте с экспонированным микрокристаллом. Контакт между микрокристаллами может возникнуть при инфекционном проявлении, под которым понимают условия, способствующие восстановлению не только экспонированных микрокристаллов, но и находящихся с ними поблизости микрокристаллов, не подвергавшихся действию света или имеющих лишь субцентры скрытого изображения.

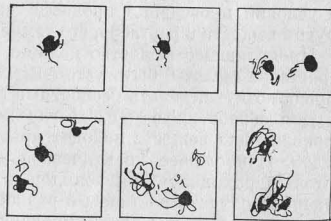
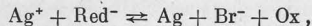


Рис. 1.7. Электронная микрофотография процесса проявления микрокристаллов галогенида серебра

Зерна обычно больше микрокристаллов за счет срачивания соседних серебряных частиц. Форма зерна зависит от природы микрокристалла и процесса проявления.

Процесс проявления может быть выражен следующей схемой:



где Ag^+ — ион серебра; Red^- — ион проявляющего вещества, Ag — металлическое серебро; Ox — окисленная форма проявляющего вещества; Br^- — ион брома.

Проявляющее вещество — основная часть раствора, служит для восстановления в киноплёнках экспонированных микрокристаллов галогенида серебра.

Проявляющее вещество должно обладать способностью восстанавливать экспонированные микрокристаллы с большей скоростью, чем неэкспонированные. Эту способность принято характеризовать степенью избирательного действия. Количественно степень избирательного действия проявляющего вещества определяют по формуле:

$$U = R \frac{V_i}{V_f},$$

где U — степень избирательного действия проявляющего вещества; R — коэффициент пропорциональности, принимаемый при вычислении за 100; V_i — скорость проявления экспонированного участка; V_f — скорость проявления вуали.

Степень избирательного действия проявляющего вещества зависит от условий проведения процесса проявления: вида и концентрации других веществ в растворе, его температуры и т. д.

Проявляющее вещество должно хорошо растворяться в воде или в растворе щелочи, быть устойчивым по отношению к действию кислорода воздуха, давать бесцветные растворы и быть безвредным.

Для обработки черно-белых киноплёнок из многочисленных проявляющих веществ находят применение метол, гидрохинон и фенидон. Наибольшее практическое использование имеют смешанные метол-гидрохиноновые и фенидон-гидрохиноновые проявители, позволяющие получать растворы с разнообразными свойствами. Распространение растворов с двумя проявляющими веществами объясняется тем, что они образуют смеси, позволяющие создавать весьма различные проявляющие растворы. Скорость проявления смесью двух проявляющих веществ зависит от природы этих веществ и их соотношения: она может быть равна сумме скоростей проявления каждого отдельного проявляющего вещества, быть больше или меньше этой суммы. Полагают, что вещества с разными (начальными) индукционными периодами проявления действуют друг на друга и изменяют индукционные периоды.

Под физическим проявлением понимают процесс, при котором видимое изображение строится за счет серебра, имеющегося в проявляющем растворе. Такой раствор содержит проявляющее вещество, растворимую соль серебра — источник свободных Ag -ионов и вспомогательные вещества, способствующие протеканию процесса.

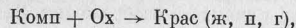
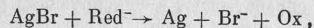
В этом процессе экспонированный светочувствительный материал перед проявлением обрабатывают в фиксирующем растворе и в воде, которые удаляют галогениды серебра из светочувствительного слоя, оставляя в нем центры скрытого изображения. Затем следует операция проявления. Во время проявления проявляющее вещество восстанавливает растворенную серебряную соль — азотнокислые серебро — в металлическое, которое из раствора осаждается на сохранившихся центрах скрытого изображения и переводит их в видимое.

Смешанное проявление — совокупность химического и физического проявления. Этот процесс состоит по меньшей мере из двух стадий. В первой — Ag -ионы восстанавливаются проявителем до серебра на границе между галогенидами серебра и центрами скрытого изображения; во второй — восстанавливаются Ag -ионы, которые первоначально перешли в раствор из проявившихся микрокристаллов галогенида серебра и диффундирующие к серебряным центрам скрытого изображения. Доля каждого проявления зависит от свойств обрабатываемого светочувствительного материала и состава проявителя. Например, при обработке киноплёнок раствором, содержащим большое количество растворителя галогенида серебра (роданистых солей, сульфата натрия и др.), наряду с химическим происходит активное физическое проявление. Смешанное проявление имеет место, когда киноплёнки обрабатывают в растворе, составленном по рецепту Д-76, в котором при высоком содержании растворителя галогенида серебра (сульфата натрия) и в отсутствие противувалирующего вещества (бромидов) хлористое серебро проявляется по физическому, бромистое серебро — по химическому процессу.

Помимо обычных проявляющих веществ, есть неорганические проявляющие вещества. К ним относятся: диитионит натрия, треххлористый титан, гидразин и другие. Однако эти проявляющие вещества пока не нашли применения при обработке киноплёнок. Промышленно освоен лишь ванадиевый проявитель с непрерывным электролитическим восстановлением во время его работы.

Образование скрытого изображения в цветных киноплёнках идентично возникновению изображений в различно сенсibilизированных черно-белых светочувствительных слоях. Поскольку процесс проявления цветных киноплёнок базируется на черно-белых изображениях, первой фазой является черно-белое проявление, при котором происходит восстановление микрокристаллов галогенида серебра в зерна металлического серебра; второй — образование красителей в результате взаимодействия продуктов окисления проявляющего вещества с краскообразующими компонентами, введенными в светочувствительные слои цветных киноплёнок. Красители возникают только на участках с изображением, созданным металлическим серебром. После проявления каждый фотографический слой содержит два изображения: черно-белое из серебра и цветное — из одного красителя. Следовательно, после проявления цветные киноплёнки имеют три серебрено-красочных изображений, которые последующей обработкой освобождаются от серебра и становятся цветными, состоящими лишь из красителей.

Процесс цветного проявления может быть выражен схемой:



где AgBr — ион серебра; Red⁻ — ион проявляющего вещества; Ag — металлическое серебро; Br⁻ — ион брома в проявителе; Ox — окисленная форма проявляющего вещества; Комп — краскообразующие компоненты в светочувствительных слоях; Крас — красители в фотографических слоях, воспроизводящие серебряные изображения (желтый, пурпурный и голубой).

Для обработки цветных киноплёнок применяют проявляющие вещества, рассчитанные на определённые краскообразующие компоненты, введенные в светочувствительные слои. Так, киноплёнки отечественного производства, фирмы ORWO и некоторые другие обрабатывают растворами, содержащими парааминодиэтиланилинсульфат (ЦПВ-1) или этилоксиэтилпарафенилендиаминсульфат (ЦПВ-2), киноплёнки фирм Kodak, Agfa-Gevaert и другие обрабатывают растворами, содержащими проявляющие вещества — этил-β-метансульфаминоэтил — *n*-толуиленидиаминсульфат (CD-3), 2-амино-5-диэтиламинотолуолсульфат (CD-2) и т. д.

В целях повышения активности проявляющего вещества в большинстве растворов для обработки черно-белых и цветных киноплёнок вводят ускоряющие вещества. К ним относятся: бура (тетраборнокислый натрий), сода (углекислый натрий), поташ (углекислый калий), едкий натр, едкое кали, фосфорнокислый натрий трехзамещенный и другие.

Ускоряющие вещества способствуют созданию в растворе определенной концентрации водородных ионов, от которых в значительной степени зависит энергия проявляющего раствора и постоянство его свойств. Щелочность раствора обычно выражают величиной концентрации водородных ионов (H⁺), обозначаемой показателем pH. Показатель pH — отрицательный логарифм концентрации ионов водорода в растворе. Напомним, что в чистой воде концентрация ионов водорода (H⁺) равна 0,0000001 М, что может быть выражено как 10⁻⁷. Отрицательный логарифм этого числа равен 7, следовательно, в этом случае pH=7. Сумма показателей водородных (H⁺) и гидроксильных (OH⁻) ионов в растворе всегда равна 14. Раствор, у которого концентрация гидроксильных ионов больше концентрации водородных ионов, является щелочным. Степень его щелочности повышается по мере увеличения концентрации гидроксильных ионов, что соответственно ведет к росту pH от 7 до 14. Раствор, у которого концентрация водородных ионов больше концентрации гидроксильных ионов, является кислым. Степень его кислотности повышается по мере уменьшения концентрации гидроксильных ионов, что соответственно ведет к понижению показателя pH от 7 до 1.

Активность проявляющего раствора зависит от природы вводимой щелочи и ее количества. Проявляющие растворы с едкой щелочью

действуют особенно энергично. С углекислой щелочью менее активно, еще ниже активность у проявляющих растворов с бурой.

Щелочность раствора зависит от всех веществ, входящих в проявляющий раствор, а не только от концентрации растворенного ускоряющего вещества.

Величину pH раствора с достаточной точностью определяют с помощью потенциометров — приборов, основанных на измерении электропроводности раствора.

Стабильность действия проявляющего раствора зависит в значительной степени от постоянства величины pH. Эта величина в свою очередь зависит от буферной емкости раствора, представляющей собой способность сохранять постоянной степень щелочности в процессе использования проявителя. Буферная емкость раствора создается за счет гидролиза — явления, при котором происходит частичное разложение солей с образованием гидроксильных ионов.

В процессе проявления киноплёнок возникает бромистоводородная кислота, которую нейтрализует щелочь в растворе. Чем большее количество кислоты может быть нейтрализовано щелочью без заметного изменения общей щелочности проявляющего раствора, тем большей буферной емкостью обладает система в целом. Буферная емкость зависит от присутствия в растворе двух элементов, один из которых может соединяться с ионами водорода, другой — диссоциировать с образованием ионов водорода и тем самым поддерживать на постоянном уровне концентрацию водородных ионов. Поэтому большинство негативных проявителей содержит буру и борную кислоту. Чтобы проявитель с самого начала работал в области большой буферности, в раствор вводят слабую кислоту, например борную.

Буферная емкость у разных проявляющих растворов неодинакова из-за различной нейтрализации бромистоводородной кислоты. Так, проявляющий раствор с углекислой щелочью обладает высокой буферной емкостью вследствие гидролиза, непрерывно обеспечивающего должную концентрацию гидроксильных ионов в растворе. Проявляющий раствор с едкой щелочью имеет малую буферную емкость, объясняемую тем, что образованием едкой щелочью гидроксильные ионы вступают в реакцию с бромистоводородной кислотой, нейтрализуют ее и почти полностью расходуются.

В различных проявляющих растворах pH колеблется в широких пределах: от 7—8 — в медленноработающих выравнивающих проявителях до 12 и более — в энергичноработающих проявителях.

Растворы, содержащие проявляющее вещество и щелочь, во время хранения и при использовании подвергаются окисляющему действию кислорода воздуха. В результате раствор быстро окрашивается продуктами окисления проявляющего вещества и теряет проявляющие свойства. Чтобы предотвратить окисление и увеличить срок хранения, в раствор вводят сохраняющее вещество, способное связывать продукты окисления и удерживать их концентрацию на постоянном низком уровне.

В качестве сохраняющего вещества наиболее применим сульфит натрия (сернистокислый натрий).

Сульфит натрия в растворе выполняет важные функции в процессе проявления. Он вступает в реакцию с продуктами окисления проявляющего вещества, например с хиноном, если в растворе был гидрохинон. Восстанавливает хинон в сульфопроизводные гидрохинона, обладающие хорошей проявляющей способностью. Сульфит натрия, восстанавливая хинон, превращает его в бесцветный продукт, тем самым исключает возможность возникновения окрашенных хиноидных веществ, придающих раствору темную окраску и являющихся иногда причиной вуали на киноплёнках. Кроме того, сульфит натрия растворяет галогениды серебра, тем самым уменьшает возможность образования крупных зерен серебра в фотографическом слое киноплёнок и увеличивает долю физического проявления в общем процессе.

Действие сульфита натрия в растворах с другими проявляющими веществами подобно рассмотренному процессу с гидрохиноном. За исключением фенидона, который не восстанавливается сульфитом натрия и не образует веществ, способных к проявлению.

Содержание сульфита натрия в разных проявляющих растворах изменяется в широких пределах — от нескольких граммов до 125 г безводной соли на 1 л раствора. Обычно чем раствор щелочнее или разбавленнее (по проявляющему веществу), а также чем длительнее предполагают его хранить или чем выше температура, при которой им пользуются, тем больше сульфита натрия должно быть в растворе. Однако при очень больших количествах сульфита натрия в растворе в результате его растворяющего действия на галогениды серебра происходит некоторое снижение светочувствительности киноплёнок.

В проявляющих растворах для цветных киноплёнок сульфит натрия, предохраняя раствор от окисления, может мешать образованию красителей, создающих цветное изображение. Объясняется это тем, что, связывая продукты окисления проявляющего вещества, сульфит натрия уменьшает и их концентрацию, а, как ранее указывалось, эти продукты необходимы для реакции с краскообразующими компонентами, чтобы получить красители в киноплёнках. Следовательно, чем больше сульфита натрия в проявляющем растворе, тем меньше будет продуктов окисления и меньше окажется красителей в слоях киноплёнок. Поэтому концентрацию сульфита натрия в проявляющем растворе выбирают такую, которая обеспечивала бы сохранность раствора и не сильно снижала образование красителей в слоях киноплёнки. Практическая концентрация сульфита натрия — около 3 г/л.

В целях большей защиты проявляющего раствора для цветных киноплёнок в него добавляют гидросиламин, обладающий также сохраняющей способностью. Концентрация гидросиламина должна быть небольшой, так как он, будучи проявляющим веществом, восстанавливает некоторое количество галогенидов серебра, без образования красителей, что снижает плотность цветного изображения.

В качестве сохраняющих веществ иногда применяют бисульфит натрия, метабисульфит калия или натрия и др.

При проявлении наряду с переводом скрытого изображения в видимое, восстанавливается некоторая часть и неэкспонированных мик-

рокристаллов галогенида серебра. Они образуют почернение в фотографическом слое киноплёнок — вуаль, уменьшающую контрастность изображения и различаемость темных деталей. Для устранения этого дефекта в проявляющий раствор вводят противовуалирующее вещество, которое тормозит образование вуали и регулирует скорость проявления.

Противовуалирующими свойствами обладают бромистый калий, йодистый калий, бензотриазол, нитробензимидазол и др.

Наиболее часто пользуются бромистым калием. Полагают, что он образует в растворе свободные ионы брома, которые при небольшой концентрации задерживают восстановление неэкспонированных микрокристаллов галогенида серебра и тем самым снижают плотность вуали. С увеличением бромистого калия в растворе тормозящее действие сказывается и на малоэкспонированных деталях изображения. Два изображения одного и того же объекта, полученные в проявляющих растворах с различным содержанием бромидов, будут отличаться одно от другого. Контрастнее, с худшей проработкой деталей окажется изображение, которое будет проявлено в растворе, содержащем больше бромидов. Завышенное количество бромистого калия в растворе способно вызвать на черно-белых киноплёнках дихроичную вуаль, представляющую собой восстановленное серебро в мелкодисперсном состоянии, отложившееся на изображении и окрашивающее его в два цвета: в отраженном свете оно кажется желтоватым или зеленоватым, в проходящем — красноватым.

Тормозящее действие бромистого калия неодинаково в разных проявляющих растворах. Так, метол-гидрохиноновые проявители более чувствительны к концентрации бромистого калия, чем фенидон-гидрохиноновые.

Бензотриазол в проявляющем растворе образует такое соединение с галогенидами серебра, которое восстанавливается проявителем весьма медленно, что приводит к значительному торможению процесса. Это торможение неодинаково для разных микрокристаллов: неэкспонированные почти не восстанавливаются, малоэкспонированные — восстанавливаются медленно, сильноэкспонированные — восстанавливаются так, как будто в растворе отсутствует противовуалирующее вещество. Объясняется это явление характером отложения серебряной соли бензотриазола на поверхности микрокристаллов галогенида серебра и видом центров проявления в них.

Микрокристаллы, получившие большую экспозицию, имеют наиболее мощные центры проявления, малоэкспонированные — менее мощные, а неэкспонированные этих центров не имеют. В зависимости от центров проявления процесс восстановления идет тем быстрее, чем мощнее центры проявления у микрокристаллов. В результате изображение, проявленное в растворе с бензотриазолом, оказывается повышенного контраста и без вуали. Тормозящее действие бензотриазола в разных проявляющих растворах неодинаково. Слабощелочные проявители весьма чувствительны к присутствию бензотриазола, и потому его концентрация должна быть небольшой.

Многие проявляющие растворы содержат в своем составе в спо-

могательные вещества. К ним относятся двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, гексаметафосфат, сульфат натрия, роданистый калий, гидразин, этиловый и бутиловый спирты, гликоль, борная и лимонная кислоты и другие.

Двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (трилон Б) и гексаметафосфат натрия или калия предохраняют проявляющий раствор от образования осадка, который может возникнуть из-за присутствия в воде солей кальция, магния и других им подобных.

Сульфат натрия, формалин и параформальдегид повышают прочность светочувствительного слоя киноплёнок, препятствуют его набуханию в растворах.

Роданистый калий, тиосульфат натрия и другие растворители галогенида серебра способствуют получению мелкозернистого изображения, так как, растворяя часть галогенида серебра, препятствуют образованию крупных серебряных комков в фотографическом слое киноплёнок.

Полиэтиленгликоль и гидразин активизируют проявитель, тем самым повышают светочувствительность обрабатываемых киноплёнок.

Этиловый и бутиловый спирты, триэталонамин и другие смачиватели обеспечивают равномерное действие раствора на проявляемый светочувствительный слой киноплёнок.

Проявляющие растворы готовят на воде, от чистоты и состава которой зависят многие их свойства. Механические примеси в воде (песок, глина и т. д.) удаляют фильтрованием; соли, влияющие на жесткость воды, — введением в раствор трилона Б, гексаметафосфата и других подобных веществ.

По составу проявляющие растворы рассчитывают на определенный процесс: негативный, позитивный, обрабатываемый и т. д. Рецептов проявляющих растворов, особенно для обработки черно-белых киноплёнок, очень много. В большинстве случаев завод — изготовитель киноплёнок рекомендует проявитель, которым следует обрабатывать его продукцию.

В кинематографии и на телевидении применяют небольшое количество проявителей в связи с тем, что практически невозможно пользоваться разными проявителями по технологическим и экономическим причинам. Обычно к проявляющим растворам предъявляют следующие требования: хорошее избирательное действие, т. е. малое вузалеобразование; обеспечение высокой светочувствительности обрабатываемой киноплёнки; получение больших плотностей в изображении; хорошая сохраняемость раствора и стабильность его свойств.

Существуют рецепты, предназначенные для специальных целей, например, для получения особоконтрастного изображения, для быстрого и сверхбыстрого проявления и т. д.

На продолжительность проявления киноплёнок влияют состав раствора, его температура и способ обработки раствором светочувствительного слоя.

Скорость проявления киноплёнок возрастает с повышением температуры раствора. Зависимость скорости проявления от температуры раствора принято оценивать по температурному коэффициенту. Он

выражается отношением скоростей при исследуемых температурах раствора. Изменение температуры раствора может влиять на показатель pH, на характер химической реакции, на процесс диффузии и другие свойства.

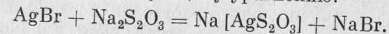
Многие современные процессы проявления предусматривают обработку киноплёнок при повышенной температуре растворов — от 25° и выше, что значительно сокращает продолжительность обработки.

На скорость проявления влияют и способы обработки раствором светочувствительного слоя киноплёнки: чем энергичнее действует раствор на светочувствительный слой, тем быстрее идет проявление киноплёнки.

§ 7. Закрепление изображения

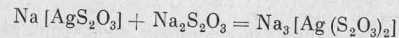
В киноплёнках после проявления изображения остается много галогенидов серебра. Чтобы сделать киноплёнки несветочувствительными и тем самым закрепить видимое изображение, из светочувствительного слоя необходимо удалить галогениды серебра. Для этого пользуются процессом фиксации, во время которого происходит перевод галогенидов серебра в растворимые соединения, легко удаляемые из светочувствительного слоя при промывке киноплёнки водой.

Растворимые соединения можно получить, обработав киноплёнку растворами, содержащими тиосульфат натрия или аммония. Принято считать, что процесс фиксирования протекает в две стадии. Во время первой происходит взаимодействие галогенидов серебра с тиосульфатом по следующему уравнению:

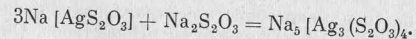


Светочувствительный слой киноплёнок становится прозрачным. Однако комплексная соль $\text{Na}[\text{AgS}_2\text{O}_3]$ трудно растворима в воде и может через некоторое время быть причиной появления желтых или коричневых пятен на киноплёнке.

Во второй стадии образуется легко растворимая комплексная соль по уравнению:



или:



Чтобы вторая стадия была проведена полностью, киноплёнки обрабатывают в фиксирующем растворе и после того, как светочувствительный слой стал прозрачным. Обычно на вторую стадию затрачивают столько времени, сколько потребовалось на первую стадию.

Полного фиксирования киноплёнок, обеспечивающего долгое хранение изображения, достигают, заканчивая процесс фиксирования в свежем растворе.

Продолжительность фиксирования определяется скоростью диффузии тиосульфата натрия в светочувствительный слой, скоростью

растворения галогенида серебра и скоростью диффузии образовавшегося комплексного соединения из слоя. Эти скорости зависят от вида галогенида серебра в светочувствительном слое, его толщины и задубленности, от состава фиксирующего раствора, температуры и способа обработки светочувствительного слоя. Чем толще или задубленнее светочувствительный слой, тем медленнее идет фиксирование. Мелкозернистые киноплёнки фиксируются быстрее крупнозернистых.

С повышением концентрации тиосульфата натрия в растворе скорость фиксирования увеличивается. Ускорение процесса нарастает с повышением количества тиосульфата натрия до 30—40%, после чего происходит замедление фиксирования. Это вызвано тем, что при высоких концентрациях снижается скорость диффузии в светочувствительный слой киноплёнок.

С увеличением температуры раствора фиксирование ускоряется. Предел повышения температуры определяется степенью задубленности светочувствительного слоя киноплёнок.

Фиксирующие растворы различают по их составу и действию. Они бывают слабощелочными, нейтральными, кислыми, кислodубящими, быстрыми, кислodубящими-быстрыми.

Чёрно-белые киноплёнки в большинстве случаев обрабатывают в кислodубящих фиксирующих растворах, так как эти растворы дубят светочувствительный слой и предохраняют его от окрашивания продуктами окисления проявителя.

Цветные киноплёнки обрабатывают в слабощелочных или нейтральных фиксирующих растворах, чтобы они не разрушали красители, составляющие цветное изображение. Однако есть и специальные кислodубящие фиксажи для обработки цветных киноплёнок.

Кислая среда в фиксирующих растворах позволяет использовать квасцы для дубления светочувствительного слоя, уменьшает действие продуктов окисления проявителя и останавливает процесс проявления.

В современных ускоренных процессах применяют быстрые кислodубящие фиксирующие растворы. В этих растворах основным веществом является тиосульфат аммония, который вводят в раствор непосредственно или готовят путем реакции между тиосульфатом натрия и хлористым аммонием.

Вследствие того что при слишком низком значении pH происходит выделение серы в раствор, а при слишком высоком — теряется дубящее действие квасцов и способность нейтрализовать проявитель, применяют строгий контроль за значением pH раствора. Он должен обладать большой буферной емкостью. Фиксирующий раствор с алюмокалиевыми квасцами распространен, он имеет pH от 4 до 6,5.

§ 8. Промывание киноплёнок

Киноплёнки промывают почти после каждой операции в процессе их обработки в растворах.

Во время промывания киноплёнок из эмульсионного слоя удаляются вещества, мешающие проведению последующей операции (про-

межуточные промывки), или вещества, препятствующие длительной сохранности изображения (окончательная промывка).

Сущность промывания — в диффузии ненужных веществ из эмульсионного слоя в воду. При всех прочих равных условиях скорость диффузии пропорциональна разности концентраций диффундирующего вещества в слое и в воде. Продолжительность промывания зависит от растворимости вымываемых веществ, температуры воды, степени набухания эмульсионного слоя и от некоторых других причин. Время промывания тем короче, чем выше температура воды (так, повышение температуры воды до 40°C сокращает время промывки в пять раз), или чем энергичнее действие воды на эмульсионный слой киноплёнки.

Степень промывания киноплёнки определяется целью операции; так чёрно-белые киноплёнки после проявления промывают, чтобы снизить концентрацию проявляющего вещества и щелочи в светочувствительном слое, т. е. прекратить проявление изображения во время пребывания киноплёнки в воде, а также для того, чтобы окисленное проявляющее вещество не окрашивало изображение.

Цветные киноплёнки после проявления промывают с целью предохранения изображения от цветной вуали, которая может возникнуть вследствие реакции между оставшимся в светочувствительном слое проявляющим веществом и отбеливающим раствором.

Наиболее важное значение имеет окончательное промывание киноплёнок, так как изображение хорошо сохраняется лишь в том случае, если из фотографического слоя вымыты тиосульфат натрия, растворимые соли серебра и другие вещества, образовавшиеся в процессе фиксирования киноплёнок.

На продолжительность промывания киноплёнок влияют состав фиксирующего раствора, значение pH, а также условия фиксирования. Во всех случаях продолжительность промывания сокращается, если киноплёнки поступают в воду из свежего фиксажа.

Чёрно-белые мелкозернистые и цветные киноплёнки промывают дольше, чем крупнозернистые. Киноплёнки, обработанные в фиксаже с хромокалиевыми квасцами, промываются быстрее, чем обработанные в фиксаже с алюмокалиевыми квасцами.

Киноплёнки промывают в проточной воде или водяным душем. Эти способы, особенно водяной душ, благоприятны для процесса, так как вода энергично действует на эмульсионный слой и хорошо вымывает растворимые вещества.

Полное промывание киноплёнок после фиксирования требует очень много времени. Практически киноплёнки полностью промывают очень редко. Степень удаления тиосульфатно-комплексных соединений из фотографического слоя определяется условиями последующего использования киноплёнок. Негативные киноплёнки промывают тщательнее, чем позитивные; цветные — тщательнее, чем чёрно-белые. Киноплёнки, подлежащие длительному хранению, промывают особенно тщательно. Для каждого вида изображения существуют нормы допустимого количества тиосульфата натрия в фотографическом слое киноплёнки.

§ 9. Вспомогательные и дополнительные операции

Во многих технологических процессах обработки киноплёнок предусмотрены вспомогательные и дополнительные операции. К ним относятся: остановка проявления, отбеливание, дублирование, обеспечивание и др.

Остановка проявления — операция, имеющая целью быстрое прекращение действия проявляющего раствора на светочувствительный слой киноплёнки. Осуществляется путем обработки кислотным раствором. Он содержит слабые кислоты или кислые соли: уксусную кислоту, метабисульфит или другие подобные вещества. Останавливающий раствор, нейтрализуя щелочной проявитель, предотвращает перепроявление и окрашивание киноплёнок, появление пятен, полос на изображении, сохраняет дубящие свойства фиксирующего раствора. По степени кислотности останавливающие растворы могут быть разными в зависимости от того, для обработки каких киноплёнок предназначаются. Например, обработка цветных киноплёнок должна вестись в слабокислых растворах, так как в кислой среде цветное изображение разрушится.

Отбеливание — превращение металлического серебра, из которого состоит изображение, а также серебра в противоореальном, светочувствительном и других слоях киноплёнок — в соли серебра, имеющие белый или светло-желтый цвет. Отбеливание ведется в растворах, имеющих окислители: железосинеродистый калий, двуххромовокислый калий, марганцовокислый калий и другие. Отбеливание является обязательной операцией при обработке цветных и обращаемых киноплёнок. Отбеливание применяют при процессах ослабления, усиления и окрашивания черно-белого изображения. Иногда в целях сокращения операций обработки отбеливание совмещают с фиксированием и дублированием киноплёнок.

Дублирование — операция, повышающая температурную устойчивость и механическую прочность эмульсионного слоя киноплёнки. Для дублирования применяют растворы, содержащие соли окиси хрома (хромовые квасцы), соли окиси алюминия (алюмокалиевые квасцы), формальдегид и др. Дублирование может быть применено до или после проявления, фиксирования, промывки и т. д. Часто дублирование совмещают с другими операциями, например с прекращением проявления, фиксирования и т. д. Дубяще-останавливающие растворы применяют в случаях, когда обработка ведется при высокой температуре, способной вызвать плавление или пузырение эмульсионного слоя киноплёнок, не рассчитанных на такой режим.

Обеспечивание — удаление окраски эмульсионного слоя киноплёнки, возникшей в процессе обработки. Эта операция ведется в сульфитных, фиксирующих и других растворах, способных разрушить вещества, окрашивающие эмульсионный слой. Обеспечивание применяют при обработке черно-белых обращаемых киноплёнок, а также в некоторых процессах усиления и ослабления изображения.

Размачивание — операция предварительной обработки киноплёнки с целью повышения влагосодержания светочувствительного

слоя, чтобы избежать неравномерности его проявления. Эта операция способствует и снятию противоореального сажевого слоя, нанесенного на подложку некоторых киноплёнок. Для размачивания применяют чистую воду или слабощелочной раствор.

Смачивание — процесс, предохраняющий от пятен, которые могут возникнуть на подложке киноплёнки во время сушки. Чтобы избежать образования капель воды, оставляющих следы в виде пятен, киноплёнку перед сушкой недолго промывают в растворе, содержащем поверхностно-активные вещества, понижающие поверхностное натяжение воды. К таким веществам (смачивателям) относятся стиральные порошки типа «Лотос». Применение смачивателей ускорит сушку и способствует равномерному высыханию киноплёнок.

Ослабление — понижение плотности изображения за счет частичного удаления из фотографического слоя металлического серебра или красителей. Ослабление происходит в одном или в нескольких растворах, содержащих вещества, окисляющие и растворяющие серебро или красители. В зависимости от процесса и свойств киноплёнки черно-белое ослабление может быть поверхностным, пропорциональным и сверхпропорциональным.

Усиление — повышение визуальной или копировальной плотности фотографического изображения. При усилении на металлическом серебре, составляющем изображение, наращивается какой-либо металл, окрашенное соединение или заменяется другим веществом. В зависимости от процесса и свойств киноплёнки усиление черно-белого изображения может быть пропорциональным, сверхпропорциональным и субпропорциональным.

Чернение — образование изображения раствором восстановителя. Чернение применяют в процессах обработки обращаемых киноплёнок для замены операций засветки и второго проявления. Чернение используется при усилении и окрашивании изображения на черно-белых киноплёнках.

Стабилизация — увеличение сроков сохранности фотографического изображения. Для стабилизации используют формалин и поверхностно-активные вещества. Некоторые из них поглощают коротковолновые лучи, разрушающие красители, составляющие цветное изображение.

Сушка — приведение влагосодержания фотографического слоя к значению, отвечающему сухому состоянию киноплёнки. Во время сушки влага диффундирует изнутри фотографического слоя к его поверхности. Скорость сушки зависит от влагосодержания фотографического слоя, скорости движения воздуха, температуры, относительной влажности и устройства, в котором сушится киноплёнка. Сушку осуществляют нагретым воздухом, источниками с инфракрасным излучением и т. д.

§ 10. Машинная обработка кинолент

Химико-фотографические процессы при обработке кинолент осуществляют в проявочных машинах, представляющих собой сложные агрегаты, в которых не только проявляется изображение, но и производятся все остальные операции вплоть до высушивания кинолент.

Важнейшими требованиями к проявочной машине являются следующие: широкий диапазон производительности, широкий диапазон

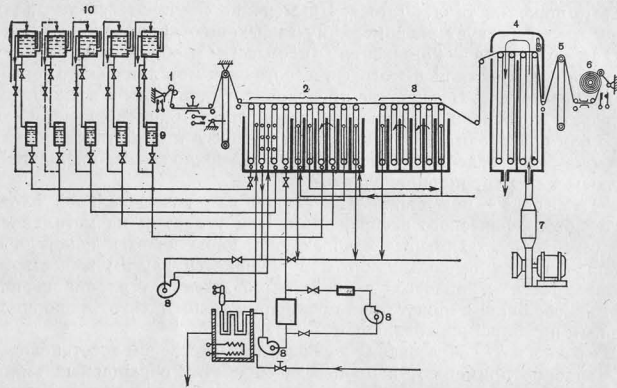


Рис. 1.8. Кинематическая схема проявочной машины: 1 — подающая кассета и магазин загрузки кинолентки, 2 — лентопротяжный механизм и баки в темной части машины, 3 — лентопротяжный механизм и баки в светлой части машины, 4 — сушильный шкаф, 5 — разгрузочный магазин, 6 — принимающая кассета, 7 — кондиционер для подготовки воздуха, 8 — циркуляционные системы для растворов, 9 — дозаторы, 10 — баки с запасными растворами

технологических процессов, устойчивость и воспроизводимость технологических процессов, возможность обработки кинолент разной ширины, безаварийность и удобство обслуживания.

Существующие проявочные машины по конструкции весьма разнообразны и в разной степени отвечают указанным требованиям.

Проявочные машины бывают односторонними, двусторонними, секционными, камерными и т. д. Они могут быть установлены в одноэтажном или двухэтажном помещении и работать при белом или при цветном освещении.

Производительность проявочных машин также различна. На предприятиях, занимающихся тиражированием фильмов, применяют высокопроизводительные машины (3000—6000 м/ч). В больших цехах кино- и телестудий пользуются машинами средней производительности (800—2000 м/ч). Малые студии устанавливают машины неболь-

шой производительности (200—600 м/ч). Специальные проявочные машины для работы в экспедиционных условиях имеют еще меньшую производительность (25—100 м/ч).

Любая проявочная машина (рис. 1.8) состоит из лентопротяжного и приводного механизмов, баков для растворов и воды, сушильного шкафа и многочисленных вспомогательных устройств: кассет, систем терморегулирования растворов и воздуха, дозаторов, влагоснимателей и т. п.

В одних проявочных машинах узлы собраны на жесткой раме, рассчитанной на определенный технологический процесс обработки кинолент, например только для черно-белых негативных или для цветных позитивных кинолент. В других машинах узлы выполнены из унифицированных блоков, позволяющих собирать их в различных комбинациях, обеспечивающих проведение любого технологического процесса обработки кинолент: негативного, позитивного, контративного, обрабатываемого и т. д.

Лентопротяжный механизм служит для транспортирования кинолент во время обработки в проявочной машине. Он может быть однопетельным и многопетельным.

В проявочной машине с однопетельным лентопротяжным механизмом между верхними и нижними роликами кинолентка образует по одной петле. С многопетельным — кинолентка располагается в разных плоскостях, в виде спирали. В этом случае ролики механизма соприкасаются только с подложкой кинолентки, что исключает возможность повреждения эмульсионного слоя. Многопетельный механизм рациональнее, так как при одинаковой длине с однопетельным производительность машины гораздо выше.

Лентопротяжный механизм транспортирует кинолентки с помощью зубчатых или гладких барабанов.

Проявочные машины (особенно старых конструкций) небольшой производительности имеют лентопротяжные механизмы с зубчатыми барабанами, так как они просты в изготовлении и обслуживании. Эти механизмы имеют существенные недостатки — при транспортировании зубчатыми барабанами перфорации кинолентки испытывают значительную нагрузку, вследствие чего часто повреждаются. Зубья барабанов быстро изнашиваются и надкалывают перфорационные отверстия. Шаг зубьев барабана должен быть строго определенным, в противном случае зацепление зубьями ведущих барабанов перфораций будет неполноценным. В результате возможен разрыв кинолентки или их соскакивание с барабана.

Для снижения нагрузки на перфорации кинолентки в многопетельных лентопротяжных механизмах предусмотрены помимо зубчатых барабанов гладкие ролики, обеспечивающие правильное положение петля в машине. Нижние грузовые ролики при транспортировании кинолентки свободно подвешиваются на ее петлях.

В современных проявочных машинах, как правило, применяется фрикционный метод транспортирования кинолент лентопротяжными механизмами.

При фрикционном методе транспортирования кинолентки подвеш-

гаются значительно меньшей нагрузке, чем при транспортировании с помощью зубчатых барабанов. Перфорации киноплёнок в работе не участвуют.

В процессе обработки киноплёнок их линейные размеры изменяются: в растворах удлиняются, при сушке — уменьшаются. Разные киноплёнки изменяются неодинаково. Деформация киноплёнок зависит не только от их свойств, но и от режимов обработки в проявочной машине. Поэтому конструкция лентопротяжного механизма, особенно фрикционного, должна учитывать изменения размеров киноплёнок в процессе обработки. В этой связи представляют большой практический интерес барабаны, имеющие эластичные пружинистые втулки. Такой барабан состоит из жесткого обода с ребрами, центральной втулки — подшипника и упругих пружинообразных элементов, соединяющих обод с втулкой. Поверхность барабана покрыта присосами из эластичного пластика. Эти барабаны компенсируют изменение длины киноплёнок и позволяют обрабатывать киноплёнки разной ширины, в том числе и неперфорированные, за счет прочного сцепления присосов с подложкой.

Движение лентопротяжного механизма осуществляется с помощью электродвигателя и передаточного механизма, связанного цепями, зубчатыми колесами, бесконечными ремнями и т. д.

Лентопротяжный механизм может иметь различное количество петель: от 2 до 12 — и может быть рассчитан на разную ширину киноплёнки, например на 35 и 32 мм, на 35 и 16 мм или на 35, 32 и 16 мм и т. д.

Нижние каретки с грузовыми роликами свободно висят на петлях киноплёнки или укреплены жестко. Длина петель регулируется перемещением каретки вверх и вниз. Это перемещение может быть выполнено с различными устройствами. Удлиняя или укорачивая петли киноплёнки, регулируют продолжительность операций.

Баки проявочной машины делают из нержавеющей стали, титана, полимеров и других материалов, устойчивых к действию растворов, часто очень агрессивных.

Баки могут быть рассчитаны на одну какую-либо операцию: проявление, фиксирование, отбеливание и т. п. или на то, чтобы каждая операция выполнялась в нескольких баках, соединенных между собой. Их форма и высота зависят от конструкции машины, материала, из которого они изготовлены, и от производительности машины.

Проявочные машины, предназначенные для использования в затемненном помещении с неактивным освещением, имеют открытые баки.

У проявочных машин, предназначенных для работы при белом освещении, баки имеют светозащитные крышки. Герметически закрытые баки применяют в машинах, в которых обработку киноплёнок проводят под струями раствора в атмосфере инертного газа — азота.

Лентопротяжный механизм проявочной машины может быть частично или полностью погружен в баки с растворами. При частичном погружении упрощается конструкция механизма и обслуживание машины. Воздействие растворов на узлы механизма и просачивание

смазки почти исключены. Однако обрабатываемые киноплёнки в этом случае периодически выходят из растворов и подвергаются действию воздуха, который окисляет проявитель и вызывает воздушную вуаль на изображении. Кроме того, неодинаковые температуры воздуха и раствора, особенно при большом различии, что имеет место во многих современных методах обработки, могут быть причиной неравномерного протекания процесса. Поэтому при конструировании проявочных машин стремятся сократить расстояние между раствором в баках и верхними барабанами лентопротяжного механизма.

Полное погружение лентопротяжного механизма в растворы хорошо предохраняет их от окисления, но значительно усложняет устройство механизма и его обслуживание. Чтобы облегчить работу на машине, лентопротяжный механизм иногда делают подъемным. Подъем из баков механизма, собранного в один жесткий агрегат или блоки, осуществляется различными устройствами.

Растворы, температура которых во время работы должна поддерживаться постоянной, либо принудительно циркулируют через теплообменное устройство, подключенное к бакам проявочной машины, либо нагревают водяными рубашками, окружающими баки с растворами, либо с помощью других устройств. Термостатирование воды в них производится смесителями горячей и холодной воды. Эти устройства оборудованы точными приборами, автоматически регулируемыми заданные параметры температуры.

В целях стабилизации действия растворов часто в циркуляционную систему проявочной машины подключают баки дополнительного объема. Чем больше объем циркулирующего раствора, тем меньше влияют на его свойства различные продукты, накапливающиеся в процессе использования растворов. Увеличенный объем раствора лучше поддерживает и постоянство температуры.

В некоторых проявочных машинах применяют обработку киноплёнок струями, направленными на эмульсионный слой; эластичными устройствами, прикасающимися к эмульсионному слою, и т. д. Такая обработка киноплёнок не только устраняет дефекты, возникающие вследствие неравномерного действия раствора, но и ускоряет процесс в эмульсионном слое.

Баки в проявочной машине часто устанавливают по системе противотока раствора. При противоточном способе обработки раствор перетекает в баках в направлении, противоположном движению киноплёнки в машине. Процесс при противотоке идет медленнее, чем при обычном способе, тем более — струйном. Однако противоток целесообразен для всех операций, не требующих строгого соблюдения температурного и временного режимов. Так, при фиксировании сокращается расход химикатов, увеличивается сбор отработанного серебра, обеспечивается полнота процесса и упрощается оборудование проявочной машины.

Во время использования растворов меняется их состав и объем. Одни вещества расходуются (проявляющие, ускоряющие, сохраняющие вещества — в проявителе, тиосульфат натрия — в фиксаже, железосинеродистый калий — в отбеливателе и т. д.), другие — накапли-

ваются (бромиды — в проявителе, серебро — в фиксаже и т. д.). Изменяется состав растворов и за счет заноса киноплёнками одного раствора в другой и их разбавления заносимой водой. Изменение состава раствора сказывается на фотографическом процессе, уменьшение объема — на продолжительности операции.

Постоянство состава и объема раствора в баках проявочной машины поддерживают с помощью дозаторов, которые подают компенсирующие растворы в рабочие. Конструкции дозаторов весьма различны: простейшие из них — поплавковые — поддерживают постоянный объем путем введения компенсирующего раствора при изменении уровня в баках машины; порционные дозаторы рассчитаны на периодическую подачу компенсирующего раствора в рабочие через заданные промежутки времени и в определенных количествах. Дозаторы могут включаться в работу от лентопотяжного механизма проявочной машины, от специальных датчиков, например автоматических контрольных приборов, оценивающих состояние рабочих растворов.

Компенсирующие растворы поступают в дозаторы из напорных баков, расположенных выше уровня баков проявочной машины, или из других емкостей.

У баков проявочной машины по ходу киноплёнок, после каждого раствора, а также после баков с промывной водой, установлены влагосниматели, уменьшающие занос киноплёнок одного раствора или воды в соседний. Влагосниматели могут быть в виде каплесудувателей, подающих к поверхности киноплёнки с большой скоростью поток воздуха, сдувающий влагу; эластичных или надувных отжимов, снимающих влагу за счет контакта с поверхностями киноплёнки; вакуумотсосов, подключаемых к компрессору и отсасывающих влагу, и т. д.

Во время работы растворы в баках засоряются различными механическими примесями, особенно кусочками желатины. Для очистки растворы фильтруют с помощью различных устройств.

Есть проявочные машины, в которых традиционные жидкие растворы заменены вязкими растворами — пастами. Эти растворы представляют собой массу, содержащую кроме обычных веществ специальный растворитель и смачиватель, обеспечивающий должную вязкость раствора и способность его действовать на светочувствительный слой киноплёнки. Вязкие растворы могут быть проявляющими, фиксирующими, отбеливающими, объединяющими проявление и фиксирование (монорасторы) и т. д.

Вязкие растворы на светочувствительный слой наносят различные устройства: экструдеры, купающие ролики и т. д. Такие устройства исключают необходимость иметь в машине циркуляционные системы, дозаторы и прочие вспомогательные узлы, обязательные для жидких растворов, вследствие чего значительно упрощаются конструкция проявочной машины и ее размеры. Вязкие растворы используют при высокой температуре (50° и выше), что сильно увеличивает производительность машины.

Проявочные машины могут быть рассчитаны на комбинированную обработку киноплёнок, при которой часть операций, например проявление, отбеливание, осуществляется вязкими раство-

рами, а часть обычными — жидкими, как-то: фиксирование, промывка и т. п.

Вязкий раствор, содержащий проявляющие вещества в количествах, достаточных для получения заданного значения плотности изображения, работает выравнивающе: каждая деталь изображения проявляется тем дольше, чем меньше она экспонировалась. В результате темные детали объекта прорабатываются в изображении наилучшим образом, а яркие детали не будут чрезмерно плотными. Изображение оказывается более резким и мелкозернистым, чем при традиционной обработке киноплёнок. Несколько повышается и их светочувствительность.

Проявочные машины с вязкими растворами позволяют создать быстрые и стабильные процессы, так как киноплёнки всегда обрабатываются свежими растворами. Варьируя толщину наноса раствора и его состав, можно в одной и той же машине вести обработку различных киноплёнок; черно-белых и цветных, негативных и позитивных и т. д.

В этих машинах можно использовать вязкие растворы, приготовленные на специализированном предприятии, что освободит цехи по обработке киноплёнок от приготовления растворов, их контроля и контроля процесса. Получение готовых растворов в упаковке, рассчитанной на непосредственную установку к лентопотяжному механизму проявочной машины, технологически и экономически целесообразно, особенно для небольших кино-тестстудий.

Независимо от того, каким способом обработаны киноплёнки, после окончательной промывки они поступают в сушильный шкаф проявочной машины.

Фотографический слой и подложка киноплёнки несут в сушильный шкаф значительное количество влаги. Условия сушки сказываются на изображении, на состоянии фотографического слоя и подложки. Может повыситься контрастность и плотность изображения, причем у разных киноплёнок эти характеристики изменяются неодинаково.

Фотографический слой при удалении из него влаги сокращается в размерах значительно быстрее по сравнению с подложкой из-за различия в усадочных свойствах. В результате киноплёнки имеют тенденцию к скручиванию в сторону фотографического слоя. Чем он толще, тем сильнее скручиваются киноплёнки. Несмотря на то, что скручиваемость киноплёнок вызвана самой их природой, можно подобрать такие условия сушки, при которых скручиваемость будет сведена к минимуму. Сушку киноплёнок осуществляют конвективным и радиационным способами.

При конвективном способе сушка осуществляется подогретым термостатированным воздухом. Он подается на киноплёнки из сопел, перфорированных труб или других подобных устройств. Эти сушильные устройства просты по конструкции и удобны в эксплуатации.

В проявочных машинах по этому способу сушку ведут с разомкнутой или с замкнутой подготовкой воздуха. Сушка киноплёнок с разомкнутой системой идет по такой схеме: центробежный вентиля-

тор через фильтр грубой очистки засасывает воздух из помещения, где установлена проявочная машина, и направляет его в электроподогреватель.

Здесь воздух нагревается до заданной температуры, после чего сквозь фильтр тонкой очистки подается в распределяющие воздуховоды и обдувает киноплёнку. Затем отработанный воздух выбрасывается за пределы помещения.

При замкнутой системе, обеспечивающей оптимальные и всегда одинаковые условия сушки, проявочная машина снабжается кондиционером. Конструктивно установки для кондиционирования воздуха

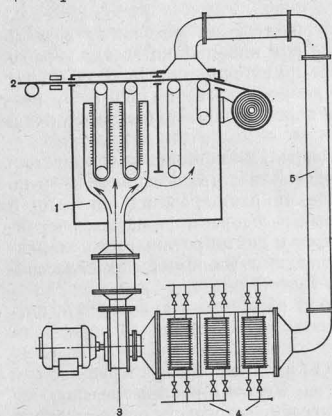


Рис. 1.9. Принципиальная схема сушильного устройства проявочной машины: 1 — сушильный шкаф, 2 — теплопроточный механизм, 3 — вентилятор, 4 — калорифер, 5 — воздуховод

для сушки киноплёнки воздух вновь увлажняется и снова подается в кондиционер, где весь процесс его подготовки повторяется.

В кондиционере воздух не только приобретает постоянные и оптимальные параметры, но и очищается от всяких механических загрязнений.

Установки по кондиционированию воздуха монтируют либо для каждой проявочной машины, либо для нескольких машин. В этом случае установки снабжают приспособлениями, автоматически регулирующими подачу воздуха в сушильный шкаф каждой проявочной машины. Работу кондиционеров контролируют записывающими и сигнализирующими приборами.

В некоторых сушильных шкафах для снятия капель, которые могут быть причиной появления полос на киноплёнке, установлены ролики с поверхностью из мягкой ткани или поролона.

Радиационный способ предусматривает сушку киноплёнок путем нагрева инфракрасным излучением или электромагнитным полем сверхвысоких частот.

Обработка киноплёнок лучистыми источниками значительно ускоряет процесс сушки. Лучистый теплообмен стимулирует диффузию влаги из глубины фотографического слоя к его поверхности, тем самым предотвращая образование на поверхности подсохшего слоя, который иногда приводит к деформации киноплёнок. Лучистый способ позволяет вести сушку в малых по размеру шкафах. Однако при сушке киноплёнок этими источниками возникают трудности, заключающиеся в том, что для каждого типа киноплёнок необходимо подбирать индивидуальное излучение, так как разные киноплёнки неодинаковы по поглощению излучений.

Проявочные машины имеют следующие вспомогательные устройства:

касеты — принимающие и подающие, на 300, 600 и более метров киноплёнки. Подающая кассета может быть открытой или светонепроницаемой в зависимости от конструкции проявочной машины;

магазин запаса — бак, шкаф или другая емкость, для загрузки проявочной машины киноплёнкой при смене рулонов в подающей или принимающей кассете. Магазин запаса, расположенный у подающей и светонепроницаемой кассеты, называется загрузочным. Непрерывность поступления киноплёнки в растворы происходит за счет сокращения количества и длины петель в загрузочном магазине. У принимающей кассеты расположен разгрузочный магазин. При разрядке количества и длина петь в нем увеличиваются. Магазины запаса имеют приспособления для зажима киноплёнки на период смены кассет или рулонов;

стирающее устройство имеет валики или щетки, которые после замотки киноплёнки в специальном растворе стирают противореологический сажистый слой, нанесенный на наружную сторону подложки;

аппликаторное устройство для обработки цветных позитивных киноплёнок с раздельными процессами для изображения и фонограммы; позволяет наносить вязкий проявляющий или отбеливающий раствор на какую-либо часть светочувствительного слоя, в зависимости от технологического процесса;

фонарь, которым засвечивают обрабатываемые киноплёнки над баками или внутри баков, заполненных водой. Фонарь может иметь лампы, регулируемые по силе света.

Помимо этих вспомогательных устройств в проявочных машинах могут быть и другие.

Большинство проявочных машин имеют централизованный пульт управления узлами и приборами, регулирующими режим обработки киноплёнки. Некоторые из этих пультов снабжены регистрирующими и сигнализирующими устройствами, ЭВМ — контролирующими и управляющими процессом обработки киноплёнки. Наиболее совершенные машины имеют микропроцессоры-компьютеры, представляющие собой математические и логические устройства, управляющие процессом или отдельными операциями.

Проявочные машины устанавливают в больших залах или в отдельных кабинках. Помещения должны быть удобными для обслуживания машины. Стены помещения отделяются глазурованной плиткой, полы — керамической, потолки — масляной или синтетической краской. Стены и пол до покрытия плитками обклеивают пластиком, предохраняющим помещение от разрушающего действия фотографических растворов. Все металлические и деревянные части обрабатывают специальными растворами.

Проявочные машины, имеющие светозащитные устройства, устанавливают в светлом помещении. Проявочные машины, в которых предусмотрено проведение некоторых операций в темноте или при цветном освещении, устанавливают в помещениях, имеющих стенку, отделяющую темную часть от светлой.

Машины с высокими баками монтируют в помещении, имеющем проемы или кюветы в полу, позволяющие устанавливать баки над рабочим полом на высоте 100—120 см, чтобы удобно было обслуживать машину.

Проявочные машины, работающие по одному технологическому процессу, например на кинокопировальных фабриках, объединяют по системе циркулирующих растворов: проявителю, фиксажу и т. д. Объединение систем растворов нескольких машин способствует стабильности растворов, упрощает контроль процесса, сокращает количество вспомогательного оборудования.

Работа проявочной машины зависит от профилактического обслуживания и подготовки киноплёнок к обработке.

В подготовленной к работе машине баки должны быть залиты растворами и водой, лентопротяжный механизм заряжен ракордом, представляющим собой утолщенную подложку киноплёнки, без каких-либо слоев или изготовленным из лавсана. Машина заряжается ракордом от подающей до принимающей кассет. Ракорд нужен в начале работы для протягивания обрабатываемых киноплёнок по всему тракту.

Перед включением машины наружный виток рулона киноплёнки скрепляют с концом ракорда у подающей кассеты. Во время хода машины ракорд движется по тракту при помощи лентопротяжного механизма и увлекает за собой киноплёнку. Освободившийся ракорд поступает в принимающую кассету. Когда из сушильного шкафа появится первый виток обработанной киноплёнки, ее укрепляют в принимающей кассете, освободив от ракорда.

Новые рулоны киноплёнок подсоединяют, скрепляя их у подающей кассеты с обрабатываемой киноплёнкой. Ракорд включают между двумя рулонами киноплёнок и в том случае, если необходимо изменить продолжительность проявления, так как изменение режима непосредственно на обрабатываемой киноплёнке приведет к неравномерному проявлению изображения. По окончании обработки киноплёнок к последнему витку рулона прикрепляют ракорд, который заполняет весь тракт машины.

Есть самозаряжающиеся машины, позволяющие вести обработку рулонами киноплёнок, без скрепления и ракорда.

Профилактическое обслуживание проявочной машины заключается в ежедневной проверке растворов и их уровня, лентопротяжного механизма и циркуляционной системы, дозирующих устройств и приборов автоматики и т. д. Баки, барабаны, ролики, сушильный шкаф, влагосниматели и другие детали периодически требуют мойки и чистки, механизмы — смазки и наладки.

Многие проявочные машины снабжены блокирующими устройствами, автоматически выключающими привод при нарушении работы лентопротяжного механизма, при обрыве киноплёнок или ракорда, а также прочих неисправностях, могущих быть причиной повреждения обрабатываемого материала.

§ 11. Эффекты проявления

При обработке киноплёнок в проявочных машинах возможно появление местных эффектов проявления, часто являющихся причиной получения неполноценных изображений. Наиболее существенны следующие из них:

Эффект влияния смежных деталей изображения. Он может быть нескольких видов — светлая кайма вокруг равномерно и сильно экспонированных деталей (эффекта бордюра, «линии Маки»); почернение у границ равномерно и сильно экспонированных деталей больше, чем в их центре (эффект Эбергарда); расхождение между максимумом почернения двух темных линий в изображении увеличено по сравнению с имевшимся в объекте (эффект Костинского). Эффект влияния смежных мест тем заметнее, чем крупнее зернистость киноплёнки, чем резче граница между деталями различной плотности, чем больше различие в плотности между граничащими деталями, чем меньше размеры детали большой и малой плотности.

Появление этих эффектов вызвано состоянием проявителя, т. е. степенью его истощения и характером диффузии проявителя внутри светочувствительного слоя. Например, при эффекте бордюра диффузия компонентов проявителя в центре детали изображения идет только сверху, у границ этой детали — сверху и сбоку. Это приводит к тому, что смежные детали проявляются по-разному. При эффекте Эбергарда в малых деталях изображения образуется меньше бромидов, чем в больших, и они легче переходят в проявитель, что ведет к различному проявлению деталей изображения. При эффекте Костинского имеет место недопроявление внутренних частей изображения, вследствие того что в пространстве между этими деталями проявитель оказывается более истощенным, чем с наружной их стороны, и что там в то же время выше концентрация бромидов, возникших во время проявления.

Эффект направленного проявления — это тянущиеся полосы за деталями изображения: светлые — за деталями с большим почернением, темные — за деталями с малым почернением. Эти полосы легко различимы при проекции изображения на экран. Эффект возникает от местных перемещений проявителя, продуктов проявления и бромида в светочувствительном слое киноплёнки, на котором

образуется пограничный слой, мешающий равномерному проявлению всех деталей изображения одинаковым по составу проявителем. Вследствие местных перемещений появляются полосы проявителя и полосы бромида. Полосы проявителя — это относительно темные полосы, которые вызываются потоком свежего, неистощенного проявителя, стекающего с деталей с малыми почернениями; полосы бромида — светлые полосы, они вызываются потоком истощенного проявителя, идущего от деталей с большими почернениями.

Вертикальный эффект проявления выражается во взаимном влиянии светочувствительных слоев цветных киноплёнок.

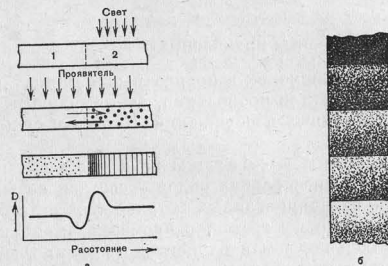


Рис. I.10. Эффекты проявления: а — краевой, б — пограничный

Явление обнаруживается не только во влиянии верхних слоев на нижние, но и, наоборот, нижних — на верхние. Вертикальный эффект проявления сказывается на цветоделительных свойствах цветных киноплёнок (§ 12). Он зависит от способа обработки в машине и от длительности проявления.

Перфорационный эффект — почернения, возникающие вблизи перфорационных отверстий киноплёнок. Появляются почернения вследствие того, что проявляющий раствор, прорываясь через отверстия к светочувствительному слою, действует на близлежащие участки более энергично, чем на всю остальную поверхность киноплёнки.

Перечисленные выше эффекты (рис. I. 10) особенно заметны, если изображение подвергалось контратипированию (стр. 174). Энергичное воздействие проявляющего раствора на светочувствительный слой киноплёнок обычно уменьшает местные эффекты. Для этого в проявочных машинах применяют душевую обработку киноплёнок, турбулентное перемешивание растворов и т. д. При скорости хода проявочной машины свыше 4000 м/ч за счет перфорационных отверстий создается такое энергичное перемешивание проявителя, при котором нет необходимости применять душевые или турбулентные устройства. Поэтому проявочные машины высокой производительности предпочтительнее малых проявочных машин.

Глава II СВОЙСТВА КИНОПЛОНОК

Качество изображения в фильме в значительной степени зависит от фотографических и технических свойств киноплёнок.

К фотографическим свойствам киноплёнок относятся: светочувствительность, контрастность, плотность вуали, фотографическая широта, цветочувствительность, зернистость, разрешающая способность и др.

К техническим свойствам киноплёнок относятся физико-механические характеристики и размеры.

§ 12. Сенситометрия

Сенситометрия — учение об измерениях фотографических свойств светочувствительных материалов — представляет собой один из разделов метрологии.

Большинство стран, производящих светочувствительные материалы, имеют национальные сенситометрические системы. Наиболее распространены: советская (ГОСТ 10691—73, ГОСТ 9160—59*), немецкая (DIN 4512—1971) и американская (ASA PH 2,3—1961). Кроме того, есть предложение Международной организации по стандартизации (ИСО) создать международную систему сенситометрии.

Любая сенситометрическая система предусматривает выполнение следующих операций: экспонирование киноплёнки, ее фотографическая обработка, измерение результатов экспонирования и фотографической обработки, выражение этих результатов в сенситометрических величинах.

Экспонирование киноплёнок производится в сенситометре — приборе, сообщаемом светочувствительному слою ряд нормированных экспозиций. Основные части сенситометра (рис. II. 1): источник света, модулятор экспозиций и кассетная часть.

Почти во всех сенситометрах источником света служит вольфрамовая лампа накаливания, питаемая стабильным по напряжению и силе электрическим током и излучающая постоянный по мощности и спектральному составу свет.

* Вамен ГОСТа 9160—59 разрабатывается новый ГОСТ на общесенситометрическое испытание цветных киноплёнок.

Вольфрамовая лампа накаливания в сочетании со светофильтром легко имитирует заданное излучение по спектральному составу, например, по спектральному распределению энергии в дневном свете. Лампу калибруют по эталонам и проверяют в процессе работы подключенными к ее клеммам прецизионными вольтметром и амперметром. Ток и напряжение, подаваемые к лампе, должны быть неизменными в течение всего срока ее использования.

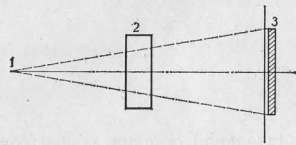


Рис. II.1. Схема сенситометра: 1 — источник света, 2 — модулятор экспозиций, 3 — киноплёнка

Обычно сенситометры имеют лампу накаливания с цветовой температурой $T_c = 2850 \pm 20$ К. Сила света лампы должна быть такой, чтобы на испытуемых киноплёнках создавалась освещённость, близкая к практическим условиям, при которых будут использованы киноплёнки.

Сенситометр для киноплёнок, экспонируемых при освещении, близком к дневному, имеет источник света с излучением $T_c = 5500$ К; для киноплёнок, экспонируемых при освещении лампами накаливания, — источник света с излучением $T_c = 3200$ К. Чтобы создать эти излучения, перед лампой накаливания в сенситометре устанавливают соответствующие светофильтры. Они могут быть жидкими или твердыми, из окрашенных стекол или желатиновых плёнок, помещённых между стеклами. Предпочтение отдаётся стеклянным светофильтрам, представляющим собой плоскопараллельные пластины цветного стекла, со строгими спектральными характеристиками. Для киноплёнок, чувствительных к инфракрасным лучам, источник света в сенситометре экранируется специальным темно-красным светофильтром.

Если в сенситометре есть оптическая система — объектив, зеркало и другие детали, их спектральное поглощение должно быть учтено при подборе светофильтров, приводящих излучение лампы к заданной цветовой температуре.

У источника света в сенситометре могут быть помещены и другие светофильтры, например, для определения фоточувствительности, зональной чувствительности киноплёнки т. д.

Если световой поток в сенситометре необходимо ослабить, например, при экспонировании высокочувствительных киноплёнок, перед источником света устанавливают нейтрально-серый светофильтр определенной плотности.

В сенситометрах можно получить экспозицию по шкале освещённости, при которой время освещения постоянно, а интенсивность освещения изменяется; и по шкале времени, когда интенсивность освещения постоянна, а время освещения изменяется.

При съёмке имеет место шкала освещённости, так как все участки светочувствительного слоя киноплёнки экспонируются при одной выдержке (t) различными освещённостями (E).

Поэтому в целях приближения сенситометрического экспонирова-

ния к практическим условиям использования киноплёнок, современные сенситометры построены по шкале освещённости.

В сенситометрах со шкалой освещённости применяется модулятор освещённости. Большой частью — это оптические клинья, ступенчатые или непрерывные (рис. II.2). К таким клиньям предъявляются следующие требования: неизбирательность в спектральном отношении к источнику света сенситометра и возможность изменять освещённость (E) в широких пределах.

Оптические клинья представляют собой желатиновую плёнку переменной толщины, содержащую коллоидный графит, иногда нейтрально-серый краситель. Монохроматические оптические плотности клина в диапазоне длин волн от 420 до 800 нм могут различаться не более чем на 5%.

Ступенчатый оптический клин имеет константу (K_c) — величину, показывающую приращение оптической плотности на каждое поле его длины, размер которых не менее чем на 1 м должен превышать световое пятно в измерительном приборе (денситометре). Ступенчатый оптический клин может иметь различное количество полей — ступеней.

Непрерывный оптический клин имеет константу (K_d), показывающую приращение оптической плотности на каждый сантиметр его длины. Количественно эту константу можно определить по разности оптических плотностей двух точек клина, расположенных на расстоянии 1 см друг от друга по длине.

При экспонировании оптический клин должен быть плотно прижат к светочувствительному слою киноплёнки, чтобы по возможности снизить светорассеяние во время экспонирования.

Время освещения в сенситометрах со шкалой освещённости регулируют затвором с падающей шторой, движущимся с постоянной скоростью световым штрихом вдоль оптического клина или другими приспособлениями, точно воспроизводящими заданные выдержки.

На рис. II.3 и II.4 показаны отечественные сенситометры: ФСР-4 и ЦС-2.

Фотографическая обработка экспонированных в сенситометре киноплёнок оказывает большое влияние на их сенситометрические показатели.

Обычно причиной расхождений в показателях свойств киноплёнок являются условия проявления. На процесс проявления влияют состав раствора, его температура и объём, продолжительность и способ обработки киноплёнки.

Чтобы получать однозначные и воспроизводимые результаты фотографической обработки киноплёнок, процесс проявления необходимо стандартизовать. Пока этой стандартизации нет. Различные сенситометрические системы предусматривают разные условия обработки киноплёнки.

Светочувствительный слой киноплёнки проявить равномерно по



Рис. II.2. Оптический клин сенситометра

всей обрабатываемой площади и по глубине, особенно если киноплёнка имеет несколько светочувствительных слоев, весьма сложно. Объясняется это тем, что вещества, образующиеся при проявлении, и некоторые другие явления мешают нормальному протеканию процесса.

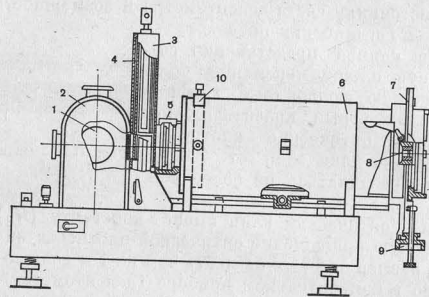
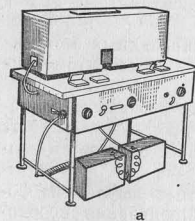
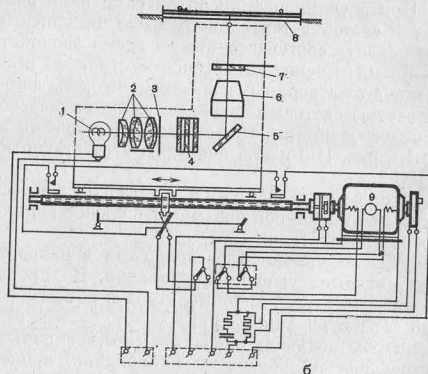


Рис. II.3. Схема сенситометра ФСР-4: 1 — источник света, 2 — светоаппаратный короб, 3 — шторный затвор, 4 — металлическая шторка затвора, 5 — светофильтр дневного света, 6 — раздвижной тубус, 7 — кассетная часть, 8 — ступенчатый оптический клин, 9 — винт для перемещения кассеты, 10 — рама с дополнительными светофильтрами



а



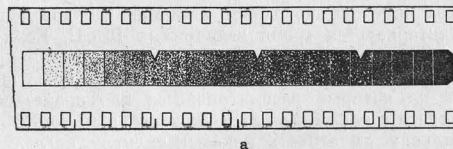
б

Рис. II.4. Сенситометр ЦС-2 (а) и его схема (б): 1 — источник света, 2 — конденсор, 3 — механические щели, определяющие количество света во время экспозиции, 4 — светофильтр дневного света или для другой цветовой температуры, 5 — зеркало, 6 — объектив, 7 — серый светофильтр, 8 — ступенчатый оптический клин, 9 — электромотор, перемещающий с помощью ходового винта осветительное устройство под оптическим клином

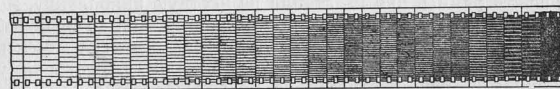
В целях создания наиболее благоприятных условий обработки киноплёнок применяют такие способы проявления, при которых можно поддерживать постоянную температуру раствора и равномерное воздействие проявителя на светочувствительный слой по площади и по глубине. Большинство этих способов основано на энергичном перемешивании стабильного по составу и температуре проявителя.

Для проявления экспонированных в сенситометре полосок киноплёнки используют различные устройства вплоть до специальных лабораторных проявочных машин.

Полоску киноплёнки, экспонированную в сенситометре и фотографически обработанную, называют сенситограммой (рис. II.5).



а



б

Рис. II.5. Сенситограммы на киноплёнке: а — 21-полевая, полученная в сенситометре ФСР-4; б — 30-полевая, полученная в сенситометре ЦС-2

Она имеет серию полей из металлического серебра или красителей в фотографическом слое киноплёнки.

Фотографический эффект, произведенный экспозицией и проявлением на киноплёнке, определяют степенью поглощения света веществом, образующим сенситограмму. Этот эффект оценивают изменением светового потока, прошедшего через поле сенситограммы, т. е. отношением световых потоков: $\frac{F_0}{F} = \tau$. Десятичный логарифм полученной величины называют оптической плотностью. Она обозначается буквой D и определяется по уравнению:

$$D = \lg \frac{1}{\tau} = \lg \frac{F_0}{F},$$

где τ — коэффициент пропускания света; F_0 — световой поток, падающий на поле сенситограммы; F — световой поток, прошедший через это поле.

Если при промере сенситограммы происходит ослабление проходящего света в 10 раз, то оптическая плотность будет равна 1,0 ($\lg 10 = 1,0$). При ослаблении проходящего света в 100 раз оптиче-

ская плотность будет равна 2,0 ($\lg 100=2,0$). Когда проходящий свет ослабляется в 1000 раз, оптическая плотность равна 3,0 ($\lg 1000=3,0$) и т.д.

Сенситограммы, состоящие из красителей, измеряют визуальную эквивалентно-серыми плотностями (ВЭСП или $D_{\text{вв}}$) и копировальными плотностями (КП или $D_{\text{ф}}$) в зависимости от вида цветной киноплёнки.

Визуально эквивалентно-серая плотность показывает концентрацию каждого из трех красителей (желтого, пурпурного, голубого) на поле сенситограммы. За единицу ВЭСП принята такая концентрация одного из красителей, которая в сочетании с определенными концентрациями двух других красителей дает нейтрально-серое поле с визуальной плотностью, равной единице. Каждое поле сенситограммы характеризуется тремя величинами ВЭСП. Если величины ВЭСП различны, поле сенситограммы оказывается окрашенным. В ВЭСП измеряют цветные позитивные и обрабатываемые киноплёнки, изображение на которых рассматривается на экране, освещаемом источником света с нормированным спектральным составом.

Копировальная плотность показывает меру поглощения света каждым красителем (желтым, пурпурным, голубым), образующим поле сенситограммы, при печатании на цветную киноплёнку. За единицу КП принято такое поглощение красителя, при котором он в сочетании с определенными поглощениями двух других красителей создаст фотографически-серую плотность, неотличимую от действия оптической плотности из металлического серебра, равной единице, во время печатания на цветную киноплёнку заданного вида. Каждое поле сенситограммы характеризуется тремя величинами КП. По этим величинам определяют степень сбалансированности киноплёнки. В КП измеряют цветные негативные и контративные киноплёнки.

Для измерения оптических, визуальную эквивалентно-серых и копировальных плотностей пользуются денситометрами. Эти приборы различаются по следующим признакам: по виду приемника света, по методу сравнения световых потоков, по размеру измеряемого участка, по способу считывания показателя плотности.

По виду приемника света денситометры могут быть визуальными и фотоэлектрическими.

В визуальном денситометре приемником света служит глаз. В денситометре есть два пучка света, выравненных между собой по яркости в одном поле зрения. При введении сенситограммы в один из пучков света, равенство в полях нарушается. По изменению светового потока, прошедшего через почернение в сенситограмме, определяют ее оптические плотности.

Визуальные денситометры применяют редко в связи с трудоемкостью измерения.

В фотоэлектрическом денситометре приемником света служит фотоэлемент или фоторезистор.

В простейших фотоэлектрических денситометрах установлен селеновый фотоэлемент, служащий одновременно приемником светового

пучка, проходящего через измеряемый участок киноплёнки, и источником электрического тока для гальванометра, показывающего оптическую плотность.

К денситометрам этого типа относятся и приборы с двумя селеновыми фотоэлементами и оптическим клином (рис. II.6). В таких денситометрах один световой пучок от лампы, проходя через круговой оптический клин, диафрагму и измеряемую сенситограмму, освещает

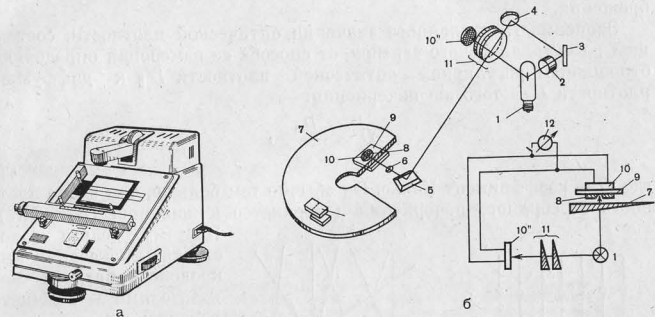


Рис. II.6. Общий вид денситометра ДФ-10 (а) и его схема (б): 1 — источник света, 2 — конденсор, 3—4—5 — зеркала, обеспечивающие направление световых пучков, 6 — линза, 7 — круговой измерительный оптический клин, 8 — диафрагма, 9 — сенситограмма, 10 — измерительный фотоэлемент, 10' — фотоэлемент сравнения, 11 — компенсационные светофильтры, 12 — гальванометр

поверхность измерительного фотоэлемента. Второй световой пучок освещает поверхность компенсационного фотоэлемента. Предварительно он ослабляется серым светофильтром и компенсационным клином, установленным на пути лучей света. Фотоэлементы подключены к гальванометру таким образом, что при равенстве их освещенностей разность получаемых фототоков равна нулю. Это соответствует нулевому положению указателя гальванометра.

В современных денситометрах селеновые фотоэлементы заменяют фотоэлектронными умножителями (фотоумножителями), представляющими собой устройство, состоящее из фотокатода с электронным умножителем, усиливающим поток электронов, испускаемых фотокатодом при его облучении светом.

Большинство денситометров рассчитано на измерение диффузной оптической плотности D_z , т. е. почернения в сенситограмме освещаемого рассеянным световым пучком. Для этого на пути светового пучка установлено молочное стекло, на которое фотографическим слоем вниз помещают сенситограмму. Такое измерение почернений совпадает с условиями контактного печатания изображения.

Если в денситометре сенситограмма освещается параллельным пучком света, т. е. без рассеивателя, то почернение поля сенсито-

граммы оценивается регулярной оптической плотностью $D_{||}$, которая обычно больше диффузионной оптической плотности.

Регулярной оптической плотностью $D_{||}$ пользуются для оценки почернений, имеющих малые размеры, не перекрывающие световой пучок в обычных денситометрах. В этих случаях используют микроденситометры, имеющие оптические системы с 20—40-кратным увеличением. Оценка почернений регулярной оптической плотностью близка к условиям проекционного (оптического) печатания изображения.

Зависимость численного значения оптической плотности, состоящей из металлического серебра, от способа ее измерения определяют отношением регулярной оптической плотности $D_{||}$ к диффузной плотности $D_{\perp}$ того же почернения:

$$Q = \frac{D_{||}}{D_{\perp}},$$

где Q — коэффициент Калье. Он обычно тем больше, чем выше плотность серебряного почернения и зернистее киноплёнка (рис. II.7).

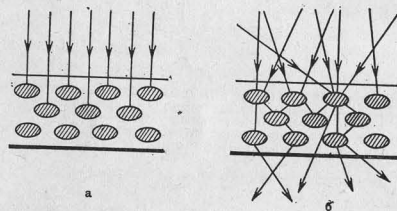


Рис. II.7. Схема, характеризующая эффект Калье: а — направленный свет, б — рассеянный свет

Потому нельзя сопоставлять показания микроденситометра с показателями обычного денситометра.

Денситометры, предназначенные для измерения сенситограмм, сделанных на цветных киноплёнках, имеют три светофильтра, цвет каждого из них должен быть дополнительным к цвету измеряемой плотности в фотографическом слое киноплёнки. Синий светофильтр — для плотностей из желтого красителя, зеленый — для плотностей из пурпурного красителя, красный — для плотностей из голубого красителя.

Сенситограмму измеряют поочередно с каждым из трех светофильтров. Обозначают плотности так: копировальные $D_{\text{кп}}^e$, $D_{\text{кп}}^a$ и $D_{\text{кп}}^к$, где верхние индексы указывают зоны светочувствительности слоев киноплёнки, нижние индексы — вид плотности; визуально эквивалентно-серые — $D_{\text{взсп}}^ж$, $D_{\text{взсп}}^п$, $D_{\text{взсп}}^г$, у которых верхние индексы показывают цвет красителя, образующего изображение на киноплёнке, нижние индексы — вид плотности. Эти плотности в зависимости от типа денситометра могут быть прочитаны на шкале гальванометра или на световом табло. У некоторых денситометров показатели гальванометра требуют перевода в плотности по специальным таблицам.

Отечественный денситометр ЦДФЭУ предназначен для измерения плотностей цветных и черно-белых киноплёнок (рис. II.8). Принцип работы прибора основан на том, что световой поток лампы просвечивания, проходящий через сенситограмму, попадает на катод фотоумножителя, преобразующего световой поток в электрический ток. Это происходит по такой схеме: световой поток лампы просвечивания попадает на конденсор, отклоняется на 90° зеркалом и проходит через один из цветных светофильтров. Затем попадает в микрообъектив через измеряемую сенситограмму и оптическую систему на катод фотоумножителя.

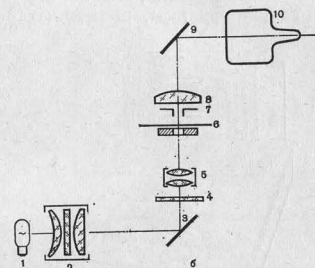
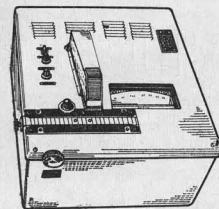


Рис. II.8. Общий вид денситометра ЦДФЭУ (а) и его схема (б): 1 — источник света, 2 — конденсор с теплофильтром, 3 — зеркало, 4 — цветные светофильтры, 5 — микрообъектив, 6 — сенситограмма, 7 — диафрагма, 8 — рассеивающая линза, 9 — зеркало, 10 — фотоумножитель

Его чувствительность автоматически регулируется так, что при увеличении интенсивности светового потока усиление уменьшается, и наоборот. При этом ток в анодной цепи фотоумножителя остается примерно постоянным. Так как усиление фотоумножителя имеет почти экспоненциальную зависимость от напряжения питания, то логарифм напряжения приблизительно пропорционален измеряемой плотности сенситограммы, что дает возможность вести измерение почти по равномерной шкале микроамперметра. Чтобы измерить сенситограмму, в световой поток денситометра вводят один из светофильтров, затем, отрегулировав денситометр, в его канал помещают сенситограмму и считывают показание на шкале микроамперметра. Эти показания переводят в величины плотностей по градуировочным таблицам для каждого светофильтра и типа киноплёнки.

Денситометры фирмы Macbeth показывают результаты замера плотностей сенситограммы на шкале электрического прибора или на световом табло (рис. II.9). Действие денситометра основано на применении фотоумножителя по схеме, которая автоматически регулирует напряжение анода, подаваемое на фотоумножитель для поддержания стабильного напряжения. Когда световой поток, падающий на светочувствительную поверхность фотоумножителя, при промере сенситограммы изменяется, меняется и диодное напряжение, показывающее плотности измеряемой сенситограммы. Денсито-

метры имеют съемные тунели со светофильтрами, рассчитанными на измерение копировальных или визуально эквивалентно-серых плотностей. Такими денситометрами можно оценивать плотности и черно-белых киноплёнок.

Есть регистрирующие денситометры, записывающие результаты промеров плотностей сенситограммы на специальный бланк. Записывающие устройства таких денситометров весьма различны.

На больших предприятиях, изготавливающих киноплёнки или тиражирующих фильмы, применяют денситометры, состоящие из из-

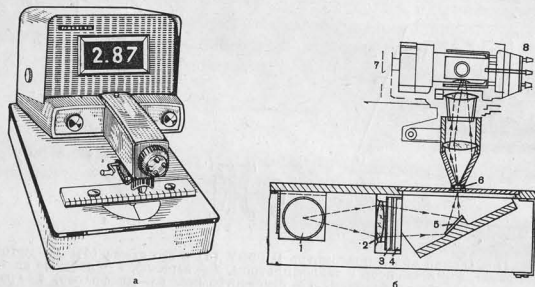


Рис. 11.9. Общий вид денситометра Mæbeth (а) и его схема (б): 1 — источник света, 2 — конденсор, 3 — интерференционный светофильтр, 4 — теплофильтр, 5 — зеркало, 6 — измерительная головка, 7 — катодно-лучевая трубка фотомножителя, 8 — туннель со светофильтрами

мерительного устройства, вычислительной машины, телетайпа и регистратора. Эти денситометры ускоряют операцию по измерению сенситограмм и открывают путь к автоматизации процессов технологии производства киноплёнок и их обработки.

Некоторые денситометры позволяют определять концентрацию красителей в цветных сенситограммах.

Фотографические свойства киноплёнок определяют по характеристической кривой, показывающей зависимость оптической плотности (D) от десятичного логарифма количества освещения, сообщенного светочувствительному слою, т. е. от логарифма экспозиции $\lg H$.

Характеристическую кривую строят на миллиметровой бумаге или на специальных сенситометрических бланках, с координатной сеткой, имеющей одинаковые масштабы по оси абсцисс и по оси ординат. По оси абсцисс отложены логарифмы экспозиций $\lg H$, по оси ординат — величины оптических плотностей D . Кроме того, бланк имеет шкалы экспозиций сенситометра в $H_{\text{пл.с}}$ и шкалы, указывающие числа светочувствительности по разным критериям и формулам.

Для построения характеристической кривой сенситограммы ее оптические плотности отмечают на ординатах бланка, соответствующих

экспозициям, при которых были получены эти плотности. Затем с помощью линейки соединяют точки, расположенные прямолинейно. После чего по локату соединяют нижние и верхние точки.

Многие характеристические кривые имеют прямолинейный и два криволинейных участка (рис. 11.10).

Иногда при вычерчивании характеристической кривой некоторые точки выпадают. Такие выпадения точек могут быть от пузырьков, соринки и т. п. дефектов сенситограммы. Поэтому спрямление средней части характеристической кривой за счет пропуска нескольких точек вполне правомерно. Это правило справедливо и для точек, расположенных на криволинейных участках характеристической кривой.

В характеристической кривой принято различать следующие участки:

вуаль (I) — оптическая плотность неэкспонированного участка киноплёнки. Количественно оптическая плотность вуали равна разности между оптической плотностью неэкспонированного участка киноплёнки и плотностью ее подложки;

начальный участок ($1-2$) — криволинейная часть характеристической кривой, наклон которой увеличивается с ростом экспозиции.

прямолинейный участок ($2-4$) — часто называемый областью прямопропорционального воспроизведения. В пределах интервала логарифма экспозиций, соответствующего этому участку, рост оптических плотностей идет прямо пропорционально увеличению логарифмов экспозиций;

конечный участок ($4-6$) — криволинейная часть характеристической кривой, рост оптических плотностей которой снижается с увеличением экспозиции.

порог почернения (5) $D_{\text{пор}}$ — минимальная различаемая оптическая плотность сверх вуали;

максимальная оптическая плотность (6) $D_{\text{макс}}$ — оптическая плотность конечного криволинейного участка;

соларизация (7) — участок характеристической кривой, лежащий правее точки 6 и имеющий наклон, противоположный основной характеристической кривой.

По характеристической кривой определяют ее градационные характеристики, к ним относятся:

коэффициент контрастности (8) γ — тангенс угла наклона прямолинейного участка характеристической кривой. Коэффициент контрастности можно определить по уравнению:

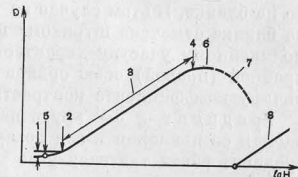


Рис. 11.10. Характеристическая кривая киноплёнки: 1 — плотность вуали, 1-2 — начальный участок, 3 — прямолинейный участок, 4-6 — конечный участок, 5 — порог почернения, 6 — максимальная оптическая плотность, 7 — участок соларизации, 8 — показатель коэффициента контрастности

$$\gamma = \operatorname{tg} \alpha_z = \frac{D_2 - D_1}{\lg H_2 - \lg H_1},$$

где γ — коэффициент контрастности; D_1 и D_2 — оптические плотности, отвечающие началу и концу прямолинейного участка характеристической кривой; $\lg H_1$ и $\lg H_2$ — логарифмы экспозиций, соответствующие этим плотностям.

Коэффициент контрастности можно определить непосредственно на бланке. В этом случае из точки лежащей на оси абсциссы (она на бланке отмечена штрихом) проводят прямую, параллельную прямолинейному участку характеристической кривой до пересечения с крайней (правой) осью ординат. Число на этой оси показывает величину коэффициента контрастности;

градиент g — крутизна характеристической кривой, оцениваемая ее наклоном к оси логарифмов экспозиции. Количественно градиент равен тангенсу угла наклона касательной к оси абсцисс в любой точке характеристической кривой;

средний градиент $\bar{g}$ — тангенс угла наклона секущей, проходящей через две точки характеристической кривой, оптическая плотность которых принята полезными для образования изображения. Количественно средний градиент $\bar{g}$ оценивается отношением приращения оптической плотности к приращению логарифма экспозиций:

$$\bar{g} = \frac{\Delta D}{\Delta \lg H}$$

или отношением разности двух оптических плотностей к разности соответствующих им логарифмов экспозиций:

$$\bar{g} = \frac{D_n - D_m}{\lg H_n - \lg H_m},$$

где $\bar{g}$ — средний градиент; D_n , D_m — полезные оптические плотности, соединенные секущей; $\lg H_n$ и $\lg H_m$ — логарифмы экспозиций, соответствующие этим плотностям; $\operatorname{tg} \beta$ — тангенс угла наклона секущей, проходящей через полезные точки характеристической кривой.

Средний градиент ($\bar{g}$) можно определить и графически на бланке, как это осуществляется при нахождении коэффициента контрастности.

Средний градиент ($\bar{g}$) и коэффициент контрастности (γ) киноплени удобно определять с помощью номограмм, предложенных НИКФИ, ВУЗОРТ и др. На рис. II.11 приведена номограмма НИКФИ для определения среднего градиента ($\bar{g}$) негативной киноплени. Номограмма представляет собой прозрачную пластинку с вертикальной шкалой, имеющей деления со значениями среднего градиента ($\bar{g}$) и горизонтальной осью, соответствующей плотности вуали (D_0). Над этой осью есть опорная точка ($\oplus$), используемая во время определения среднего градиента ($\bar{g}$). При испытании черно-белой негативной киноплени опорную точку ($\oplus$) совмещают с точкой на

характеристической кривой, имеющей плотность $0,1 + D_0$. Пересечение характеристической кривой в интервале $\Delta \lg H = 1,30$ с вертикальной шкалой номограммы покажет значение среднего градиента ($\bar{g}$).

При определении средних градиентов цветной негативной киноплени опорная точка ($\oplus$) номограммы последовательно совмещается с точками, отвечающими критерию светочувствительности ($0,15 + D_0 + D_{\text{маск}}$) каждой частичной характеристической кривой. Пересечение их с вертикальной шкалой укажет значение частных градиентов киноплени.

Те же операции с номограммой производят во время оценки коэффициента контрастности киноплени.

На левой стороне номограммы НИКФИ помещена шкала, помогающая определять величины освещенности объекта съемки для получения нормального по плотности негатива, при различной светочувствительности киноплени.

Фотографическая широта L — интервал экспозиций между конечной и начальной точками прямолинейного участка характеристической кривой. Количественно фотографическую широту определяют:

$$L = \lg H_2 - \lg H_1,$$

где L — логарифмический показатель фотографической широты; $\lg H_2$ — логарифм экспозиции, соответствующий концу прямолинейного участка; $\lg H_1$ — логарифм экспозиции, соответствующий началу прямолинейного участка.

Полезная фотографическая широта L_z — полный интервал экспозиций, ограниченный порогом почернения и максимальной оптической плотностью. Численно полезная фотографическая широта равна разности логарифмов экспозиций, соответствующих верхней и нижней полезным точкам на характеристической кривой:

$$L_z = \lg H_m - \lg H_n,$$

где L_z — логарифмический показатель полезной фотографической широты; $\lg H_m$ — логарифм экспозиции, соответствующий максимальной оптической плотности на характеристической кривой; $\lg H_n$ — логарифм экспозиции, соответствующий порогу почернения.

Светочувствительность S — способность киноплени образовывать оптическую плотность под действием света и последующего проявления.

Величина светочувствительности обратно пропорциональна коли-

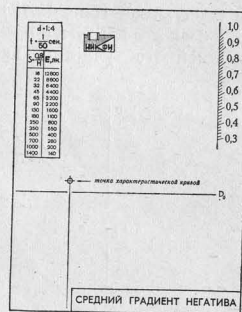


Рис. II.11. Номограмма для определения среднего градиента и коэффициента контрастности

честву освещения (H), создающему на киноплёнке заданный эффект, например заранее обусловленную оптическую плотность. Точка на характеристической кривой, отвечающая заданному фотографическому эффекту, называется критерием светочувствительности.

Наиболее известными критериями светочувствительности являются следующие (рис. П.12):

точка инерции — точка пересечения продолженного прямолинейного участка характеристической кривой с осью абсцисс

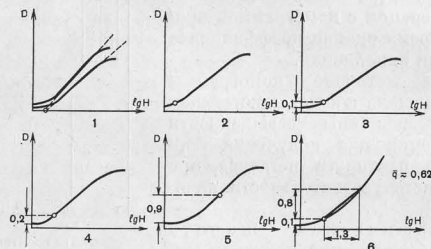


Рис. П.12. Критерии светочувствительности: 1 — точка инерции, 2 — порог почернения, 3 — плотность 0,1 над вуалью, 4 — плотность 0,2 над вуалью, 5 — плотность 0,8 над вуалью, 6 — точка, с которой начинают оценивать средний градиент

(H_i). Эта точка не учитывает оптические плотности на начальном участке характеристической кривой, которые часто участвуют в создании изображения;

порог почернения — оптическая плотность, едва отличимая от плотности вуали;

нормированная оптическая плотность — некоторое значение оптической плотности сверх вуали на начальном или среднем участке характеристической кривой. Этот критерий светочувствительности принят многими сенситометрическими системами. Значение оптической плотности сверх вуали может быть: 0,1; 0,15; 0,20; 0,85; 0,90; 1,0 и др.

Численное значение светочувствительности определяют по формуле:

$$S = \frac{K}{H_{кр}},$$

где S — число светочувствительности; K — постоянный коэффициент, обусловленный сенситометрической системой; H — экспозиция, создавшая заданный фотографический эффект; $кр$ — индекс, указывающий критерий светочувствительности, по которому определяют число светочувствительности, в большинстве случаев $кр = D_{кр}$, т. е.

оптическая плотность на характеристической кривой над плотностью вуали или над минимальной плотностью.

Критерий светочувствительности $D_{кр}$ и постоянный коэффициент (K) могут быть неодинаковыми не только в разных сенситометрических системах, но и в одной системе для разных видов киноплёнок: негативных, позитивных, обрабатываемых и т. д.

ГОСТ 10691.3—73 для черно-белых киноплёнок предусматривает определение числа светочувствительности по следующим формулам: негативные киноплёнки

$$S = \frac{0,5}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,10 + D_0$;

позитивные и контрастные киноплёнки

$$S = \frac{10}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,90 + D_0$;

обрабатываемые киноплёнки

$$S = \frac{5}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,90 + D_{мин}$, следовательно, $H_{кр}$ — экспозиция, отвечающая оптической плотности почернения, которая на $D_{кр}$ превышает плотность неэкспонированного участка обрабатываемой киноплёнки, лк. с.

ГОСТ 9160—59 для цветных киноплёнок предусматривает определение числа светочувствительности по следующим формулам: негативные киноплёнки

$$S = \frac{20}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,85 + D_0$ каждого светочувствительного слоя; позитивные и контрастные киноплёнки

$$S = \frac{10}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 1,0 + D_0$ каждого светочувствительного слоя; обрабатываемые киноплёнки

$$S = \frac{10}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,85 + D_{мин}$ каждого светочувствительного слоя.

Общая светочувствительность S , по которой определяют экспозицию для съемки объекта, — наименьшая величина светочувствительности для трех характеристических кривых, полученных по данной сенситограмме.

На производстве за общую светочувствительность часто принимают число зеленочувствительного слоя как наиболее важного в образовании цветного изображения.

Проект ГОСТа для цветных киноплёнок предусматривает определение числа светочувствительности по следующим формулам: негативные киноплёнки

$$S = \frac{0,8}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,15 + D_0 + D_{мас}$ каждого светочувствительного слоя; позитивные и контрастные киноплёнки

$$S = \frac{10}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,90 + D_0$ каждого светочувствительного слоя; обратимые киноплёнки

$$S = \frac{5}{H_{кр}},$$

где $D_{кр} = 0,90 + D_{мин}$ каждого светочувствительного слоя.

Общая светочувствительность негативных киноплёнок, по которой определяют экспозицию для съёмки объекта, оценивается средней величиной трех частных светочувствительностей:

$$S = \frac{S_{ж} + S_{п} + S_{г}}{3}.$$

Позитивных киноплёнок — по наименьшей частичной светочувствительности из трех характеристических кривых; обратимых киноплёнок — по наибольшей частичной светочувствительности из трех характеристических кривых.

В целях приближения сенситометрических характеристик к практическим условиям использования киноплёнки система ГОСТ и некоторые зарубежные системы определяют численное значение светочувствительности и другие фотографические свойства при рекомендуемом значении среднего градиента ($\bar{g}_{рек}$) или коэффициента контрастности ($\gamma_{рек}$). Так, число светочувствительности черно-белой негативной киноплёнки определяют при значении среднего градиента ($\bar{g}_{рек}$) = 0,62. Для этого строят семейство характеристических кривых, полученных при разной продолжительности проявления киноплёнки (рис. П.13). На каждой из этих кривых определяют разность оптических плотностей (ΔD) в двух точках, отстоящих одна от другой на расстояние $\Delta \lg H = 1,3$, из которых меньшая равна $0,1 + D_0$. В результате получают несколько величин ΔD , относящихся к разным продолжительностям проявления. Построив кривую зависимости ΔD от t , определяют продолжительность проявления, при которой $\Delta D = 0,8$, и находят значение среднего градиента $\bar{g} = 0,8 - 1,3 = 0,62$. При этом значении следует оценивать и другие сенситометрические характеристики негативной киноплёнки.

По характеристическим кривым сенситограмм, проявленных разное время, принято строить кривые кинетики проявления (рис. П.14), показывающие зависимость сенситометрических характеристик от продолжительности проявления киноплёнки:

$$S = f(t), \quad \bar{g} = f(t), \quad \gamma = f(t), \quad D_0 = f(t), \quad D_{макс} = f(t) \text{ и др.}$$

Эти кривые строят на миллиметровой бумаге или на полулогарифмическом бланке.

По кривым кинетики проявления можно определить продолжительность проявления киноплёнки, при которой будет получен рекомендованный коэффициент контрастности или средний градиент. Эти же кривые позволяют определить светочувствительность, опти-

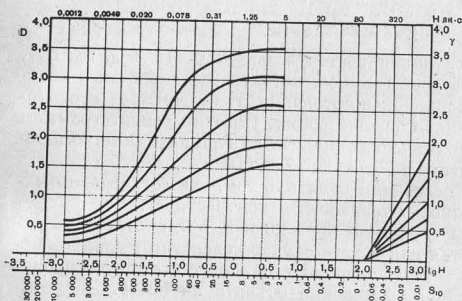


Рис. П.13. Семейство характеристических кривых черно-белой негативной киноплёнки

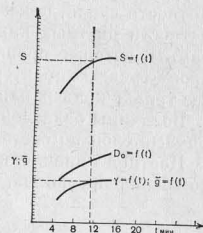


Рис. П.14. Кривые кинетики проявления черно-белой негативной киноплёнки

ческую плотность вуали, максимальную и минимальную оптические плотности киноплёнки при различном времени ее проявления, а также при времени, обеспечивающем получение рекомендуемой контрастности. Чтобы установить продолжительность проявления киноплёнки для достижения рекомендуемого значения контрастности, из точки на кривой, отвечающей этому значению контрастности, опускают перпендикуляр к оси абсцисс; он и укажет время, в течение которого следует проявлять киноплёнку. Пересечение этим же перпендикуляром других кривых кинетики позволит определить остальные характеристики киноплёнки при данном времени проявления.

Как уже говорилось, цветные киноплёнки имеют три зонально чувствительных слоя. Поэтому на бланке строят три характеристические кривые. В зависимости от вида киноплёнок характеристические кривые строят по копировальным или визуально эквивалентным плотностям.

Эти характеристические кривые помимо обычных сенситометрических показателей позволяют определить:

частичную светочувствительность S_c , S_s , S_k каждого слоя киноплёнки;

сбалансированность по светочувствительности B_c — отношение наибольшей частичной чувствительности к наименьшей:

$$B_{\kappa} = \frac{S_{\max}}{S_{\min}};$$

сбалансированность по контрастности B_{κ} — разность наибольшего и наименьшего частичных коэффициентов контрастности или средних градиентов:

$$B_{\kappa} = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}$$

или

$$B_{\kappa} = \bar{g}_{\max} - \bar{g}_{\min}.$$

Для определения частичной светочувствительности (S_c , S_s , S_k), плотности вуали, показателей баланса светочувствительности и контрастности цветных киноплёнок изготавливают три — четыре сенситограммы, которые проявляют разное время. По этим сенситограммам строят триады характеристических кривых на бланках. Обычно каждую триаду кривых наносят на отдельный бланк.

Величины балансов позволяют судить о том, как согласованы различные слои по светочувствительности и контрастности.

Цветная киноплёнка, у которой $B_{\kappa}=1,0$ и $B_{\kappa}=0$, считается хорошо сбалансированной, так как в этом случае красители в слоях обеспе-

чивают наиболее точное воспроизведение объекта по цвету. Допустимые отклонения от баланса для каждого вида цветных киноплёнок указываются в технических условиях на эти материалы. Чем меньше эти отклонения, тем выше качество киноплёнки. Особенно строгие требования предъявляются к сбалансированности по контрастности, вследствие того что нарушение этого баланса не может быть исправлено при последующих операциях и скажется на цветовоспроизведении объекта съёмки.

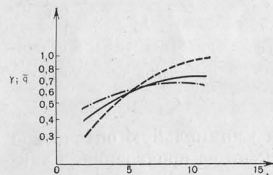


Рис. II.15. Кривые кинетики проявления цветной негативной киноплёнки

Общая фотографическая ширина L — интервал экспозиций, в котором все три характеристические кривые имеют одинаковые прямолинейные участки или одинаковы по градиенту.

Кривые кинетики проявления, построенные по характеристическим кривым (рис. II.15), позволяют определить режим проявления, обеспечивающий наилучший баланс по контрастности, и другие характеристики киноплёнки.

Если цветную киноплёнку оценивают по свойствам одного светочувствительного слоя, то тогда используют характеристические кривые и кривые кинетики проявления, построенные для зеленочувствительного слоя.

Сенситометрическая система ГОСТ имеет нормированный ряд величин светочувствительности, которые возрастают в геометриче-

ской прогрессии со знаменателем $\sqrt{2}$. Этот ряд состоит из чисел: 1,0; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; 45; 65; 90; 130; 180; 250; 350; 500 и т. д. Полученные при испытании киноплёнок светочувствительности округляют до ближайшего значения нормированного ряда сенситометрической системы.

Сенситометрические системы ASA PP 2.5. — 1961 (США) и BS 1380—61 (Великобритания) имеют нормированный ряд величин светочувствительности, возрастающих по геометрической прогрессии со знаменателем $\sqrt{2}$. Ряд состоит из чисел: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 130, 160, 200, 250, 320, 500 и т. д.

Сенситометрическая система DIN (ГДР, ФРГ и др.) имеет нормированный ряд логарифмированных величин светочувствительности: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 и т. д. Каждое рядом стоящее значение соответствует изменению светочувствительности в 1,26 раза.

Вследствие того что способы определения светочувствительности в различных сенситометрических системах неодинаковы по значению коэффициента (K), критерию светочувствительности ($H_{кр}$), по степени проявленности киноплёнки (γ или $\bar{g}$) и многим другим характеристикам, сопоставление величин светочувствительности разных сенситометрических систем можно сделать лишь приблизительно, например по табл. 3.

Таблица 3

Перевод величин светочувствительности

ГОСТ	ASA	DIN	ГОСТ	ASA	DIN
8	10	11	130	160	23
16	20	14	250	320	26
32	40	17	500	650	34
65	80	20	1000	1250	32

Цветочувствительность черно-белых киноплёнок по сенситометрической системе ГОСТ оценивают эффективной светочувствительностью ($S_{эф}$), т. е. чувствительностью слоя к свету определенного спектрального состава.

Чтобы определить эффективную светочувствительность киноплёнок, их экспонируют в сенситометре первоначально при стандартном режиме света, затем с одним из нормированных светофильтров, поочередно с желтым, оранжевым и красным. После чего по сенситограммам, обработанным при оптимальном режиме, строят характеристические кривые. По ним определяют величины эффективной светочувствительности по той же формуле, что и общую светочувствительность (стр. 54). Величины светочувствительности снабжают добавочным подстрочным индексом, характеризующим цвет светофильтра: $S_{ж}$, $S_{ор}$, $S_{к}$.

Цветочувствительность киноплёнок часто выражают кратностью

нормированного светофильтра — отношением общей светочувствительности киноплёнки к ее эффективной светочувствительности:

$$g = \frac{S}{S_{\text{эф}}}$$

Чем меньше кратность светофильтра, тем выше чувствительность киноплёнки к цвету светофильтра.

Иногда цветочувствительность черно-белых киноплёнок оценивают по изображению цветной таблицы (рис. II.16) на испытуемом материале. Применяют различные цветные таблицы. По одним из них определяют качественную характеристику цветочувствительности киноплёнок, так как действие различных цветов оценивают визуально по плотностям, которыми воспроизведены цветные поля таблицы. Чем чувствительнее киноплёнка к данному цвету, тем большей плотностью он будет воспроизведен на изображении.

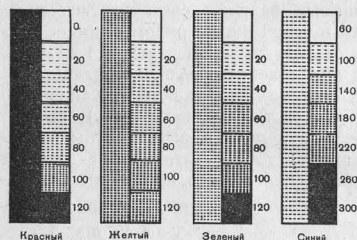


Рис. II.16. Таблица для определения цветочувствительности киноплёнки

на серая, ступени которой обозначены условными процентами или другими показателями. Цифра у серой ступени таблицы, совпавшей с цветной полосой, показывает цветочувствительность киноплёнки.

Условность количественной оценки, а также зависимость оценки от свойств используемых при изготовлении таблиц красок и многих других причин ограничивают применение табличных методов при испытании киноплёнок.

Более точная характеристика цветочувствительности киноплёнок может быть получена путем фотографирования спектра. Этот метод определения, называемый спектральной сенситометрией, основан на применении спектрографов, объединенных с сенситометром. В таком приборе — спектросенситометре — спектр источника света фотографируют несколько раз на киноплёнку с разными экспозициями. В результате получают спектросенситограмму (рис. II.17). После измерения спектросенситограммы на денситометре строят монохроматические кривые, по которым определяют чувствительность киноплёнки к излучению длины волны (λ) источника света (рис. II.18).

Спектральную сенситометрию применяют на заводах, изготавливающих киноплёнки, и в исследовательских институтах, так как метод этот сложен и трудоемок.

При оценке цветных киноплёнок оценивают цветоделительность

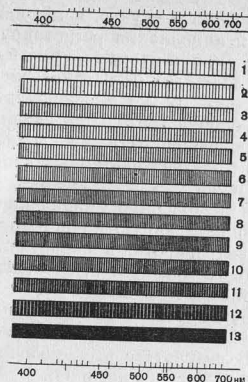


Рис. II.17. Спектросенситограмма

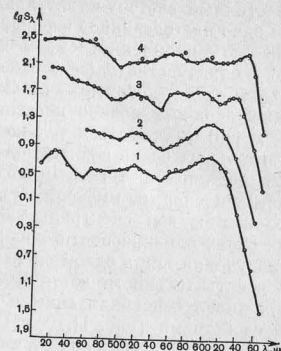


Рис. II.18. Кривые спектральной чувствительности черно-белых негативных киноплёнок: 1 — НК-1; 2 — НК-2; 3 — НК-3; 4 — НК-4

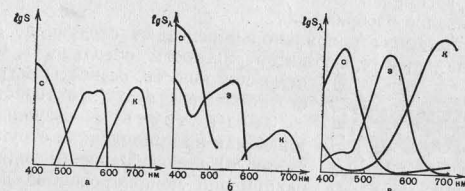


Рис. II.19. Кривые спектральной чувствительности слоев цветных киноплёнок: а — негативная, б — позитивная, в — обращаемая

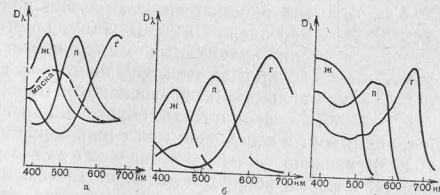


Рис. II.20. Кривые спектрального поглощения красителей цветных киноплёнок: а — негативная, б — позитивная, в — обращаемая

ные свойства. Наилучшее цветоделение будет в случае, когда каждый частичный светочувствительный слой киноплёнки регистрирует только одно цветоделенное изображение. Так, при съёмке на цветную негативную киноплёнку: синие детали должны регистрироваться только в синечувствительном слое, зелёные — только в зеленочувствительном слое и красные — только в красочувствительном слое.

Каждое однокрасочное негативное изображение также должно было бы регистрироваться только в одном из трех частичных светочувствительных слоев позитивной киноплёнки.

Для достижения такого цветоделения необходимы киноплёнки с частичными слоями, имеющими строго определённую по ширине и расположению зон спектральную чувствительность, и образующих в этих слоях однокрасочные изображения из красителей, поглощающих излучения лишь одной спектральной зоны.

В действительности частичные светочувствительные слои киноплёнок имеют сенсбилизацию и красители с побочными спектральными свойствами (рис. П.19 и П.20). В результате этих побочных свойств возникают цветоделительные искажения.

§ 13. Структурметрия

Структурметрия позволяет характеризовать киноплёнки по зернистости, по воспроизведению мелких деталей и по резкости края у крупных деталей изображения.

При испытаниях киноплёнок определяют следующие структурметрические характеристики: зернистость, ореольность, разрешающую способность, резкость, остроту и частотно-контрастную характеристику.



Рис. П.24. Микрозернистость киноплёнки

Зернистость — визуально обнаруживаемая на киноплёнках структура (пятнистость) на изображении однородной и равномерно экспонированной детали объекта съёмки.

В процессе проявления киноплёнок микрокристаллы галогенида серебра превращаются в зерна металлического серебра. Серебряные зерна представляют собой, как правило, клубки нитей толщиной около 10 нм. В отличие от геометрически правильных микрокристаллов зерна больше по размеру, непохожи по форме и склонны к образованию комков.

Зернистость, образованная отдельными зернами серебра, видимыми в микроскоп при очень больших увеличениях (около 1000×), названа микрозернистостью. Микрозернистость — первичная форма зернистости. Оценивается она средним размером зерен металлического серебра, образующего изображение (рис. П.21).

Зернистость, возникающая в процессе проявления за счет сли-

ния зерен и комков, расположенных в фотографическом слое бес-порядочно во много рядов, взаимно перекрывающих друг друга в толще слоя в направлении, перпендикулярном к поверхности подложки киноплёнки, носит название макрозернистости (рис. П.22). Макрозернистость — вторичная форма зернистости на равномерном и проявленном участке киноплёнки, обнаруживаемая при увеличении изображения. Фактор зернистости ($G_{виз}$) — величина, обратная минимальному линейному увеличению (β) в позитивном изображении, при котором наблюдатель обнаруживает макрозернистость, присущую негативному изображению:

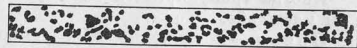


Рис. П.22. Макрозернистость киноплёнки

$$G_{виз} = \frac{\text{const}}{\beta}.$$

Динамической зернистостью называют такую, которую видно на экране из-за несовпадения зернистой структуры одинаковых изображений, последовательно налагаемых при проекции фильма. Фактор динамической зернистости ($G_{дин}$) — величина, обратная минимальному угловому увеличению (r) изображения на экране, при котором наблюдатель обнаруживает временные флуктуации яркости, присущие движущемуся изображению при проекции фильма:

$$G_{дин} = \frac{\text{const}}{r}.$$

Зернистость присуща не только черно-белым, но и цветным киноплёнкам. Объясняется это тем, что пространственное распределение красителей в слоях обусловлено структурой первичного изображения, состоявшего из серебряных зерен, полученных при проявлении цветных киноплёнок.

Оценку динамической зернистости, характеризующей изображение в фильме, наиболее часто ведут по показателю минимального расстояния между наблюдателем и экраном, на котором зернистость изображения почти неразличима. Величину минимального расстояния устанавливают по среднему числу, полученному при рассмотрении изображения несколькими наблюдателями при строго определенных условиях кинопроекции.

Методы, основанные на субъективной оценке зернистости, трудоемки и часто приводят к неверным выводам. Поэтому распространение нашли методы, использующие измерительные приборы. Они позволяют получить более точную характеристику неоднородности фотографического слоя, называемую гранулярностью (σ).

Для измерения гранулярности киноплёнки пользуются методикой, заимствованной из техники радиоэлектроники и телевидения. Существуют различные методы оценки гранулярности. Отечественный метод заключается в следующем: образец киноплёнки экспонируют в сенситометре, модулятор которого не имеет структурного

строения. После фотографической обработки киноплёнки, проявленной до заданной контрастности, гранулограмму промеряют на микрофотометре при равномерном перемещении относительно нормируемой цели прибора, например $400-2000 \text{ мкм}^2$. Затем определяют гранулярность и строят кривую зависимости $\sigma = f(D)$. Эта кривая позволяет определить гранулярность для различных плотностей, так, для $D = D_0 + 0,85 \sigma = 0,25$. Чем меньше показатель σ , тем лучше качество киноплёнки по гранулярности.

Иногда гранулярность киноплёнки показывают в логарифмическом масштабе.

Ореол — почернение, образуемое рассеянием света в светочувствительном слое или отражением света от подложки киноплёнки (рис. II.23). Ореольность — величина, характеризующая ореол киноплёнки.

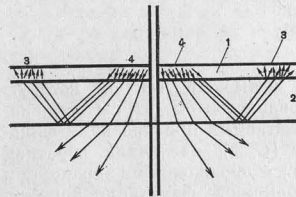


Рис. II.23. Схема образования ореолов у киноплёнки: 1 — светочувствительный слой, 2 — подложка, 3 — ореол отражения, 4 — ореол рассеяния

Почернение, возникшее от действия света, рассеянного в светочувствительном слое при воспроизведении ярких деталей объекта съёмки, называют ореолом рассеяния. Он представляет собой размытую кайму, окружающую яркие детали изображения. В позитиве этот ореол создаёт впечатление, что яркая деталь излучает свет и не имеет резкого края.

Почернение, возникшее от действия света, отражённого подложкой киноплёнки, называют ореолом отражения.

Вид ореола и его плотность зависят от многих факторов, например от свойств светочувствительного слоя: чем крупнее микрокристаллы галогенида серебра, тем сильнее они рассеивают свет в боковом направлении; чем больше мутность и толщина светочувствительного слоя, тем меньше он пропускает света и больше оказывается плотность ореола. Влияет на степень ореола экспозиция при съёмке: чем она больше, тем сильнее рассеивается свет микрокристаллами галогенида серебра; чем ярче деталь, тем больше света отражается подложкой киноплёнки и выше плотность ореола.

Предложены различные способы определения ореольности киноплёнки:

по изображению под оптическим клином. Для этого светочувствительный слой экспонируют под оптическим клином, закрытым чёрной бумагой или станиолью с узкой продольной прорезью. После фотографической обработки киноплёнки на сенситограмме отсчитывают порог почернения и порог начала ореола в относительных значениях светочувствительности. Частное от деления этих двух значений даёт относительную величину противоореольности;

по изображению края лезвия бритвы (рис. II.24).

Светочувствительный слой киноплёнки, частично закрытый лезвием бритвы, равномерно экспонируют и подвергают фотографической обработке. Изображения края лезвия, находящегося в контакте со светочувствительным слоем, как правило, оказывается нерезким. Микрофотографические снимки или микроденситометрические кривые этого изображения позволяют определить противоореольные свойства киноплёнки, т. е. её резкость.



Рис. II.24. Определение резкости по изображению края лезвия на киноплёнке: 1 — мало чувствительная, 2 — средне чувствительная, 3 — высоко чувствительная

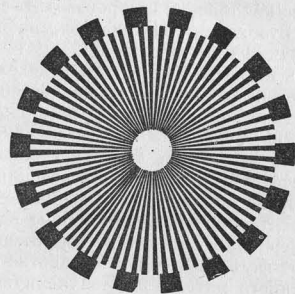


Рис. II.25. Мир для определения разрешающей способности и частотно-контрастной характеристики киноплёнки

Разрешающая способность — способность киноплёнок воспроизводить мелкие детали объекта съёмки.

Для определения разрешающей способности на испытуемую киноплёнку фотографируют мир (рис. II.25). Как правило, киноплёнку экспонируют в специальных приборах — резольвометрах, оптическая система которых обеспечивает равномерное освещение мира и точную установку объектива на резкость. Эта система должна иметь разрешающую способность значительно выше, чем у испытуемой киноплёнки.

Киноплёнка, экспонированная в резольвометре с несколькими дозированными экспозициями и затем фотографически обработанная, называется резольвограммой. Она содержит ряд изображений мира. Киноплёнку проявляют до контрастности, нормированной для данного вида материала.

Резольвограмму рассматривают в микроскоп при небольшом увеличении ($40-100\times$). Степень увеличения обусловлена применяемой методикой испытания. Величина разрешающей способности киноплёнки определяется той группой линий, в которой они ещё различаются. Кривая зависимости разрешающей способности от экс-

позиций, действовавших на киноплёнку, позволяет определить ее резольвометрическую широту и максимальное число.

Черно-белые киноплёнки характеризуются одним числом R , цветные — четырьмя; R — общая разрешающая способность при источнике света, предназначенном для испытуемой киноплёнки; R_c , R_o , R_k — разрешающая способность каждого из светочувствительных слоев, полученная за синим, зеленым и красным светофильтрами.

Частотно-контрастная характеристика (ЧКХ) — свойство киноплёнки воспроизводить мелкие детали фотографическим слоем. Эта характеристика связана со светорассеянием в светочувствительном слое киноплёнки.

Есть несколько методов определения ЧКХ киноплёнки. Различаются они по типу миры, уровню освещенности, условиям проявления, математической обработке результатов измерения и др. Пока методы трудоемки, сложны и не всегда показательны, полученные разными методами могут быть взаимно переводимыми.

Отечественный метод определения ЧКХ предусматривает съемку миры, используемой в резольвометре. Съемка ведется в специальном приборе, обеспечивающем точную наводку объектива на резкость и равномерное освещение миры. Экспонированную киноплёнку подвергают фотографической обработке при режимах, установленных для данного материала. Полученную регистрограмму промеряют на микрофотометре, и получают кривую зависимости коэффициента (T) передачи контраста от пространственной частоты миры (V). Чем больше показатель T при одной и той же частоте, тем выше качество киноплёнки по ЧКХ.

У цветной киноплёнки обычно оценивается ЧКХ двух слоев: зеленого и красноточувствительного.

Зарубежные фирмы в большинстве случаев дают кривые ЧКХ в логарифмическом масштабе.

Информационная емкость (I) — максимальное количество информации, которая может быть зарегистрирована киноплёнкой на единице площади изображения.

Для оценки информационной емкости киноплёнки есть разные методы, например сенсирезольвометрический. По этому методу с помощью сенситометра на киноплёнку печатают миры различного контраста. Миры могут состоять из штрихов с частотой от 1,25 до 2 мм⁻¹ и фигур разной формы и таких размеров, которые можно вписать в круг диаметром 2,5 мм. После экспонирования и проявления киноплёнки на каждом поле сенсирезольвограммы кроме миры окажется изображение мелких фигур. Рассматривая сенсирезольвограмму в микроскоп, определяют число линий на миллиметр, при которых еще воспроизводятся мелкие детали.

Острота — показатель субъективно воспринимаемой резкости контуров изображения.

Почти все предложенные методы оценки остроты основаны на сложных математических расчетах, требующих специальной аппаратуры и трудоемких операций. Поэтому остроту измеряют, как пра-

вило, при научно-исследовательских работах, посвященных свойствам киноплёнок и процессам, в которых они используются.

Структурометрические характеристики зависят от очень многих свойств киноплёнок, таких, как размер, форма микрокристаллов галогенида серебра, их размещения в светочувствительном слое и упаковки в слое, от химического состава микрокристаллов и связующей среды, от степени противоореальной защиты киноплёнки и других. На структурометрические характеристики оказывают влияние процессы экспонирования, проявления, печатания и проекции изображения.

Оценка по изображению тест-объекта. В некоторых случаях вместо сенситометрического испытания киноплёнки или параллельно с ним оценивают ее свойства по изображению специального тест-объекта.

Тест-объект в большинстве случаев состоит из ряда предметов, различных по цвету и размеру. В центре тест-объекта помещается человек, часто — двое: мужчина и женщина; в случае съемки одного человека предпочтение отдается мужчине, так как по изображению мужского лица легче оценить качество цветного изображения. Рядом располагают миру в виде полосы, состоящей из линий с постепенно изменяющейся частотой. Ниже миры помещают таблицу, содержащую несколько ахроматических ступеней, от черных до белых. Наиболее распространена восьмиступенчатая таблица с постоянной константой 0,3. Тогда ее ступени отличаются друг от друга по экспозиции в два раза.

Во время съемки на испытуемую киноплёнку тест-объект должен быть освещен равномерно светом со спектральным составом, отвечающим виду киноплёнки, т. е. иметь $T_c = 5500$ или 3200 К. Обычно тест-объект экспонируют при нескольких диафрагмах объектива, чтобы получить экспонogramму. После фотографической обработки киноплёнки, проведенной в производственных условиях, в экспонogramме выбирают оптимальное изображение и по нему определяют свойства киноплёнок.

Иногда на испытуемой киноплёнке фотографируют диапозитив, применяемый на телевидении. Цветной диапозитив имеет набор цветных деталей, миру в виде полос с постепенно изменяющейся частотой и таблицы с несколькими ахроматическими ступенями, с константой 0,15 и общим интервалом яркостей 1:3, что соответствует интервалу яркостей среднего объекта съемки. Во время съемки диапозитив равномерно освещается с задней стороны через матовое стекло двумя лампами, имеющими спектральное излучение $T_c = 5500$ или 3200 К в зависимости от вида испытуемой киноплёнки.

Оценивают киноплёнку по позитивному изображению. Поэтому, если проверяется негативная киноплёнка, то оптимальный по плотности негатив рассматривают в цветоанализаторе (§ 25) или с оптимального негатива в экспонogramме изготавливают ряд позитивов на сбалансированной киноплёнке и обрабатывают в производственных условиях.

По портрету и цветным деталям в позитиве устанавливают:

качество киноплёнки по цветовоспроизведению, по количеству воспроизведенных ступеней таблицы — градиционные характеристики, по мере — разрешающую способность, по оптически увеличенной ступени таблицы — зернистость, по плотности ступеней — светочувствительность.

Изображение таблицы с ахроматическими ступенями позволяет оценить киноплёнку по балансу частичных слоев. При субтрактивном синтезе изображения серые ступени будут воспроизводиться серыми в том случае, когда одноокрасочные изображения строго согласованы по плотности и градиционным характеристикам. Если все ступени таблицы оказались одинаково окрашенными, то это означает, что нарушен баланс по светочувствительности частичных слоев. Несогласованность характеристических кривых по прямолинейному участку, например, в зеленочувствительном слое использован лишь прямолинейный участок, а в двух других слоях и криволинейные, создает изображение цветоискаженным, особенно на деталях, экспонированных на криволинейных участках характеристических кривых.

§ 14. Физико-механические свойства киноплёнок

При оценке физико-механических свойств киноплёнок определяют: нанос слоев на подложку, состояние поверхностей, температуру плавления слоев, ударную прочность, скручиваемость, хрупкость, износостойкость, сопротивляемость трению и заряду электростатическим электричеством. Наиболее важными из них являются следующие характеристики:

нанос слоев на подложку — проверяют по образцам из рулонов киноплёнки. Одни образцы просматривают при белом освещении на монтажном столе, иногда на экране. Другие образцы склеивают в рулон и производят равномерную засветку: киноплёнки для съёмки — в съёмочном аппарате, киноплёнки для печатания — в копировальном аппарате, до нормированной плотности, например, в пределах 1,0—2,0. Засветленные образцы обрабатывают в проявочной машине при режиме, установленном для данного вида киноплёнки. После фотографической обработки образцы просматривают на монтажном столе и на экране.

Образцы не должны иметь по ширине и длине рулона: полос на светочувствительном слое и на подложке; неровного наноса светочувствительного слоя на подложку, приводящего к изменению плотности или цвета; пузырьков; подложных и наружных царапин; загрязнений в светочувствительном слое и подложке; отслаивания светочувствительного слоя от подложки или его пузырения; перфорационной пыли.

Температура плавления светочувствительного слоя определяется по следующей методике: на светочувствительный слой образца киноплёнки наносят мягким карандашом сетку. После чего образец помещают на 10 мин в дистиллированную воду с темпера-

турой 18—20°. Набухший образец подвешивают в стакане с водой, которую нагревают со скоростью повышения температуры на 1° в минуту. При этом нижний конец термометра должен находиться на уровне середины заштрихованного участка образца, полностью погруженного в воду. Начало плавления оценивают по появлению первых струек расплавленной эмульсии или по искривлению прямых линий сетки. Температуру плавления определяют с точностью до 1°. За результат испытания принимают среднеарифметическое значение двух параллельных определений.

Ударная прочность киноплёнки оценивается так: в зависимости от размера киноплёнки ножом вырезают в продольном направлении несколько образцов шириной 5, 10 или 15 мм и длиной 200—210 мм. Образцы помещают на 16—20 ч в эксикатор с относительной влажностью 65%. После чего на образцах с помощью маятниковых или других подобных приборов определяют ударную прочность киноплёнки. За результат испытаний принимают среднеарифметическое значение величин ударной прочности у всех образцов, при условии что ни одна из величин не вышла за пределы $\pm 40\%$ от среднеарифметического.

Скручиваемость, хрупкость, микротвердость, износостойкость, трение, фрикционные характеристики и диэлектрические свойства определяют с помощью специальных приборов и методов, часто неодинаковых на разных предприятиях.

§ 15. Размеры киноплёнок

Размеры киноплёнок характеризуют ширину киноплёнок, расположение перфорационных отверстий, их форму, расстояние от края до ближайшей кромки перфорации и другие свойства.

Погрешности в размерах киноплёнки могут быть причиной неполноценного изображения, а часто и полного брака при съёмке, печатании и проекции фильмовых материалов. Изображение может оказаться — нерезким, неустойчивым на экране, киноплёнки могут

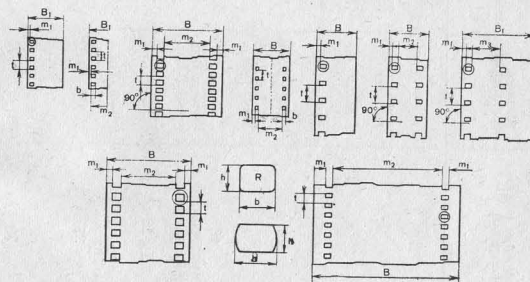


Рис. 11.26. Основные размеры киноплёнки

Размеры киноплёнок при выпуске с завода по ГОСТу (мм)

Обозначение ширины киноплёнки, мм	Ширина киноплёнки (B)	Шаг перфорации (t)	Ширина перфорации (b)	Высота перфорации (h)	Расстояние от края до ближайшей перфорации (m_1)	Расстояние между перфорациями (m_2)	Радиус скругления перфорации (R)
8	$7,975 \pm 0,03$	$3,81 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,05$	—	0,25
8S	$7,975 \pm 0,03$	$4,234 \pm 0,01$	$0,914 \pm 0,01$	$1,143 \pm 0,01$	$0,51 \pm 0,05$	—	0,13
2×8	$15,95 \pm 0,03$	$3,81 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,05$	$10,40 \pm 0,03$	0,25
2×8S	$15,95 \pm 0,03$	$4,234 \pm 0,01$	$0,914 \pm 0,01$	$1,143 \pm 0,01$	$0,51 \pm 0,05$	$13,10 \pm 0,03$	0,13
16	$15,95 \pm 0,040$ — 0,020	$7,62 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,05$	—	0,25
16 (с двусторонними перфорациями)	$15,95 \pm 0,04$ — 0,02	$7,22 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,05$	$10,40 \pm 0,03$	0,25
2×16	$31,95 \pm 0,02$ — 0,03	$7,22 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$0,90 \pm 0,05$	$15,98 \pm 0,03$	0,25
35	$34,975 \pm 0,025$	$4,75 \pm 0,01$	$2,80 \pm 0,005$ — 0,015	$1,98 \pm 0,01$	$2,01 \pm 0,05$	$25,37 \pm 0,05$	0,5
70	$69,95 \pm 0,05$	$4,75 \pm 0,01$	$2,80 \pm 0,01$	$1,98 \pm 0,01$	$5,47 \pm 0,05$	$53,4 \pm 0,05$	0,5

ваться или трудно транспортироваться в аппаратах и т. д. Поэтому все размеры киноплёнок строго нормированы.

К нормированным размерам киноплёнок относятся (рис. II.20): ширина киноплёнки (B), шаг перфорации (t), ширина перфорации (b), высота перфорации (h), расстояние от края до ближайшей кромки перфорации (m_1), расстояние между перфорациями (m_2), шахматное смещение перфорации (q), радиус скругления отверстия перфорации (R).

Контроль размеров киноплёнок осуществляют контактными или оптическими измерительными приборами с погрешностью не более 0,002 мм.

Пробы киноплёнок для контроля размеров отбирают из рулонов с ненарушенной заводской упаковкой. От каждого из отобранных рулонов из любого участка отрезают два образца длиной не менее 1,5 м каждый. Перед контролем образцы выдерживают в помещении с кондиционированным воздухом или в эксикаторе при температуре 18—25°C и относительной влажности $65 \pm 5\%$ в течение 16—20 часов. Измерения проводят в помещении с теми же термогигрометрическими параметрами воздуха.

Контроль размеров t , b , h , m_1 должен проводиться на каждом образце измерением параметров всех последовательных перфораций; размер t не менее чем на пяти перфорациях; размеры b , h , m_1 не менее чем на четырех перфорациях; размеры B , q , m_2 не менее чем на двух участках образца. За результат измерений принимается среднее арифметическое из количества промеров. Шахматное смещение перфораций контролируют относительно перпендикуляра к краю киноплёнки, восстановленного при помощи прибора с точностью $90 \pm 1^\circ$.

Размеры киноплёнок в процессе их хранения или обработки могут меняться.

Негативный процесс — процесс получения негативного изображения, шкала плотностей которого противоположна шкале яркостей объекта съемки.

В негативе черно-белое изображение образовано металлическим серебром, цветное изображение — красителями, дополнительными по окраске к цвету деталей объекта съемки.

Негативный процесс включает съемку на негативную киноплёнку, ее фотографическую обработку, монтаж и контроль негатива. Этот процесс является начальным звеном двухстадийного негативно-позитивного процесса, наиболее широко распространенного при производстве фильмов.

§ 16. Негативные киноплёнки

Черно-белые негативные киноплёнки, как правило, имеют одинаковую контрастность ($\gamma=0,65$ или $\bar{g}=0,57-0,65$) и оптическую сенсibilизацию до 600—670 нм.

Черно-белые негативные киноплёнки изготавливают со следующими характеристиками:

малой светочувствительности (22 ед. ГОСТ) для съемки при естественном освещении. Разрешающая способность малочувствительных киноплёнок не менее 120 мм⁻¹; среднеквадратичная гранулярность — не более 2,9; частотно-контрастная характеристика — не менее 0,73; противоореальность — не менее 100; плотность вуали — не более 0,06. Эти характеристики позволяют получать отличное по зернистости и резкости изображение, особенно пригодное для крупных портретов и для фонов, используемых при комбинированных съемках;

средней светочувствительности (65 ед. ГОСТ) для съемки объектов, ярко освещаемых естественным или искусственным светом. Разрешающая способность среднечувствительных киноплёнок — не менее 110 мм⁻¹; среднеквадратичная гранулярность — не более 3,3; частотно-контрастная характеристика — не менее 0,70; противоореальность — не менее 100; плотность вуали — не более 0,08. На этих киноплёнках получают очень хорошие негативы по зернистости и резкости изображения;

высокой светочувствительности (180 ед. ГОСТ) являются универсальными для съемок большинства объектов. Разрешающая способность высокочувствительных киноплёнок — не менее 90 мм⁻¹; среднеквадратичная гранулярность — не более 4,8; частотно-контрастная характеристика — не менее 0,60; противоореальность — не менее 100; плотность вуали — не более 0,10.

Наивысшей светочувствительности (350 ед. ГОСТ и выше) применяются для съемки при малой освещенности, а также при съемке объектов, требующих сильного диафрагмирования объектива, при высокочастотной съемке и при прочих сложных условиях. Разрешающая способность киноплёнок наивысшей светочувствительности — не менее 75 мм⁻¹; среднеквадратичная гранулярность — не более 0,8; частотно-контрастная характеристика — не менее 0,55; противоореальность — не менее 100; плотность вуали — не более 0,18. Повышенная зернистость и пониженная резкость ограничивают применение этих киноплёнок, особенно при контратипировании изображения (§ 36). Фрагменты на таких киноплёнках плохо монтируются с изображением, полученным на мелкозернистых киноплёнках.

В игровые фильмы иногда в целях создания впечатления о хроникальности сюжета включают фрагменты, сделанные на крупнозернистых киноплёнках. Форсированное проявление этих киноплёнок еще больше усиливает зернистость изображения.

Разделение киноплёнок на указанные выше группы условно. По мере совершенствования технологии производства киноплёнок светочувствительность их повышается, улучшаются и другие фотографические характеристики. В табл. 5 приведены характеристики наиболее распространенных черно-белых киноплёнок.

Особым видом киноплёнок являются инфракрасные, которые помимо собственной спектральной чувствительности галогенидов серебра дополнительно сенсibilизированы к инфракрасному излучению. Это излучение относится к весьма узкому участку инфракрасного спектра. Поэтому на этих киноплёнках невозможна съемка объектов, излучающих только тепловые лучи, длина волн которых значительно больше.

Некоторые инфракрасные киноплёнки, чувствительные к видимой части спектра, имеют пониженную сенсibilизацию к зеленым, желтым и оранжевым лучам (рис. III.1).

Инфракрасные изображения получают лишь при экспонировании инфракрасными лучами. Для этого во время съемки применяют инфракрасные светофильтры, визуально непрозрачные для глаза. Светофильтры могут быть на объективе съемочного аппарата или на источнике света, освещающем объект. Инфракрасное излучение, прошедшее сквозь светофильтр, должно быть очень интенсивным, чтобы обеспечить необходимую экспозицию для киноплёнки.

К этому же виду съемки относят случаи, когда нагретый объект излучает инфракрасные лучи, но еще не дает видимого для глаза красного свечения.

Пейзаж, снятый на инфракрасную киноплёнку, выглядит иначе, чем при визуальном рассматривании. Зеленая растительность

(в позитиве) становится белой, как бы освещенной лунным светом или покрытой снегом. Такое воспроизведение растительности объясняется тем, что хлорофилл, определяющий ее зеленую окраску, обладает высокой отражательной способностью для инфракрасных лучей, всегда имеющих в составе дневного света. Инфрахроматические кинопленики предназначены для съемки в условиях, когда атмосферная дымка мешает фотографированию, например при аэрофотосъемке, съемке в горах и из космоса.

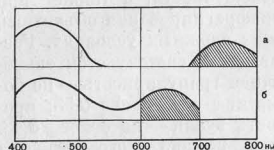


Рис. III.1. Кривые спектральной чувствительности инфрахроматических киноплеников

у обычных киноплеников. Фотографическая обработка инфрахроматических киноплеников ведется при режимах, рекомендованных для данного типа материалов.

Съемка в инфрахроматических лучах позволяет получать изображения, не воспроизводимые обычными киноплениками, обнаруживать различие между визуально одинаковыми объектами и т. д. На этих киноплениках получают «лунные» пейзажи, снимаемые днем, изображения, исследующие документы, картины и другие сложные явления в науке и технике.

Черно-белые негативные кинопленики с изопанхроматической сенсibilизацией не всегда обеспечивают правдивую тонопередачу объектов съемки. Объясняется это тем, что светочувствительный слой воспроизводит различные по цвету, но одинаковые по яркости детали объекта одной и той же плотностью, что делает их плохо различимыми в изображении. Чтобы улучшить различаемость деталей, а также для создания специальных эффектов в изображении во время съемки применяют светофильтры. Они избирательно поглощают лучи света, уменьшают действие некоторых лучей на светочувствительный слой кинопленика и тем самым регулируют внутрикадровую экспозицию при съемке.

Светофильтры на изображении освещают детали собственного цвета и притемняют детали дополнительного цвета. Действие светофильтра тем сильнее, чем ярче по цвету деталь объекта. Светофильтр может быть из окрашенного в массу стекла, окрашенных тонких пленок (фолий) и двух склеенных стекол, между которыми помещена окрашенная пленка из желатины. Любой светофильтр всегда поглощает какую-то часть света. Чтобы при съемке серых деталей объекта со светофильтром и без светофильтра, изображение на негативе этих деталей оказалось одинаковым по плотности, необходимо увеличить экспозицию, когда съемка ведется со светофильтром.

Черно-белые негативные кинопленики

Промышленность	Наименование кинопленика	Светочувствительность					
		ГОСТ		DIN		ASA	
		1000 K	3200 K	6000 K	3200 K	6000 K	3200 K
Отечественное	HK-1	22	46	14	13	30	25
	HK-2	65	45	20	19	80	64
	HK-3	180	130	23	22	200	160
	HK-4	350	250	26	25	400	320
OKWO	NP-55	65	45	20	19	80	64
	NP-7	400	360	27	26	450	400
	Plus-X	5231	5231	20	19	80	64
	Double-X	5222	5222	24	23	360	320
AGFA-GEVAERT	Double-4X	5224	5224	31	30	650	560
	Gevapan 30	65	45	20	19	80	64
	Gevapan 36	320	250	24	23	300	280
	Super Panchromatic	71112	71112	20	19	80	64
FUJIFILM	Super Panchromatic	71141	71141	23	22	160	130
	Super Panchromatic	71151	71151	26	25	320	250
	Super Panchromatic	72151	72151	23	22	200	160
	Super Hypan	2660	2660	23	22	200	160

ром. Число, показывающее, во сколько раз надо увеличить экспозицию во время съемки со светофильтром, называют кратностью светофильтра. Вместо кратности часто указывают, на сколько следует раскрыть диафрагму объектива при съемке со светофильтром.

Светофильтры можно разделить на:

бесцветные — непрозрачные для ультрафиолетовых излучений и одинаково прозрачные для всего видимого спектра. Такие светофильтры применяют при съемке снежных пейзажей, в горах, на море, в космосе и т. д. Степень действия ультрафиолетовых излучений зависит от высоты над уровнем моря, чистоты воздуха и других причин. Как правило, чем выше в горах, тем активнее ультрафиолетовое излучение. Поэтому применение бесцветных светофильтров во время съемки особенно на высоте больше 2000 м обязательно. С таким светофильтром небо на изображении горного пейзажа получается светло-серым, а не совершенно белым, как при съемке без светофильтра;

желтые — частично или полностью непрозрачные для фиолетовых, синих и голубых лучей. Степень поглощения лучей зависит от плотности светофильтра. Желтые светофильтры при съемке пейзажа ослабляют лучи синего неба и улучшают воспроизведение облаков. При съемке зимнего пейзажа, освещенного солнцем, можно получить отличное изображение с проработанными тенями на снегу. Воздушная дымка небольшой плотности легко устраняется желтым светофильтром. Он смягчит контраст, если тени на лице освещены желтоватым светом, отраженным от стены дома, асфальта, земли и других поверхностей, защищенных от света неба навесом, широкой шляпой и т. д.

Применение желтых светофильтров летом в полдень усиливает контраст в изображении. Этими светофильтрами почти не пользуются при съемке в лесу, так как они, не оказывая влияния на воспроизведение зеленой растительности, существенно изменяют передачу неба. Лишь при съемке людей в лесу желтые светофильтры несколько снижают контраст освещения лица и улучшают воспроизведение фактуры кожи. Желтые светофильтры, особенно плотные, при высокогорных съемках дают изображение с черным небом;

зеленые и желто-зеленые светофильтры имеют кривую спектрального пропускания, близкую к кривой спектральной чувствительности глаза, что делает эти светофильтры наиболее применимыми. Они особенно пригодны для съемки пейзажей с богатой зеленой растительностью, которую воспроизводят в светлых, хорошо различимых тонах. При портретной съемке эти светофильтры подчеркивают загар кожи, оттеняют губы, но несколько искажают передачу голубых глаз;

оранжевые — пропускают немного зеленых, оранжевые и красные лучи, поэтому детали объекта, имеющие эти цвета, будут на изображении светлыми. Оранжевыми светофильтрами пользуются во время съемки зимнего пейзажа в солнечную погоду, чтобы получить мягкие тени на снегу. В середине дня зимой такие светофильтры повышают контраст в изображении. Оранжевые светофильтры

устраняют воздушную дымку при съемке удаленных объектов. Однако отсутствие воздушной дымки может сделать изображение сухим с излишней резкостью деталей. Эти светофильтры подчеркивают облачность, часто воспроизводя небо грозным, если оно было синим. При портретной съемке оранжевые светофильтры скрадывают веснушки и пятна на коже, но лицо будет казаться бледным. При съемке с оранжевым светофильтром светло окрашенные здания хорошо выделяются на фоне голубого неба, которое воспроизводится темным;

красные — прозрачны лишь для красных лучей, так как почти полностью поглощают другие видимые лучи. В результате детали, имеющие эти цвета, на изображении получаются излишне темными, а красные — чрезмерно светлыми, что часто приводит к значительному тоноискажению объекта.

Например, при съемке пейзажа на изображении небо может оказаться черным с резко выделяющимися облаками. Эти светофильтры во время съемки удаленных объектов устраняют действие воздушной дымки, в результате чего на изображении появляются детали, обычно не различимые глазом.

Применение красного светофильтра при портретной съемке позволяет скрыть веснушки и пятна на коже человека. Однако губы на портрете окажутся плохо различимыми, поэтому в подобных случаях пользуются коричневым гримом или губной помадой. При съемке с красными светофильтрами холодные цвета — фиолетовый, голубой и синий — воспроизводятся очень темными, наоборот, теплые тона — желтый, оранжевый и красный — очень светлыми;

голубые — понижают действие желтых, оранжевых и красных лучей на кинопленту. Эти лучи тем больше поглощаются, чем длиннее их волны. Голубые светофильтры усиливают впечатление дымки в пейзаже и позволяют получать изображение с пониженным контрастом. Например, утром и вечером голубые светофильтры, поглощающие длинноволновую часть спектра, уменьшают яркость солнца, что эквивалентно увеличению яркости наземных деталей, в результате изображение получается менее контрастным;

поляризационные — устраняют или ослабляют отражения и рефлексы от стекла, эмали, пластмассы, асфальта, жидкостей и других неметаллических поверхностей. Пользуясь поляризационным светофильтром, можно совсем убрать или уменьшить блик от стекол очков, мешающих видеть глаза; отражение неба в оконных стеклах зданий или на воде; рефлексы, затрудняющие рассматривание застекленных картин или вещей в витринах, и т. д. При съемке пейзажа — затемнить небо, сделать более четкими облака, повысить насыщенность цвета неба, изменить яркость отдельных деталей в объекте.

Степень гашения поляризованного света зависит от положения светофильтра относительно отражающей поверхности. Максимальным затемнение будет тогда, когда солнце находится под прямым углом к оптической оси объектива; наименьшим — при съемке против солнца, по направлению солнечных лучей и когда небо покрыто об-

лаками. На степень затемнения неба оказывает влияние атмосфера и положение солнца во время съемки, так как при съемке на киноплёнку действует неполяризованный рассеянный небом свет, которого может быть около 15% даже при максимальном затемнении светофильтром. Поляризационные светофильтры имеют светопропускание от 32 до 40% и кратность от 2,8 до 4.

Цветные негативные киноплёнки обычно сбалансированы на освещение объекта съемки источниками света с $T_c=3200\text{ K}$.

Большинство цветных негативных киноплёнок, сбалансированных к $T_c=3200\text{ K}$, имеют общую светочувствительность порядка 100 ед. ГОСТ.

Помимо общей светочувствительности эти киноплёнки оцениваются по следующим характеристикам: баланс светочувствительности (B_n), коэффициент контрастности всех слоев ($\gamma_c, \gamma_z, \gamma_k$), коэффициент контрастности среднего и нижнего слоев, баланс контрастности (B_k), суммарная оптическая плотность вуали и маски за светофильтрами (синим, зеленым и красным), общая фотографическая широта (Z), средний градиент всех слоев ($\bar{g}$), отношение коэффициента контрастности к среднему градиенту, среднеквадратичная гранулярность за зеленым и красным светофильтрами, частотно-контрастная характеристика зелено- и красноточувствительных слоев, уровень маскирования и эффективность светофильтрового желтого слоя.

Отечественная цветная негативная киноплёнка (ЛН-8) имеет следующие характеристики: общую светочувствительность — не менее 100 ед. ГОСТ; баланс светочувствительности — не более 2,0; коэффициент контрастности всех слоев — $0,65 \pm 0,05$; баланс контрастности — не более 0,10; суммарная оптическая плотность вуали и маски за синим светофильтром — не более $0,90 \pm 0,15$, за зеленым — $0,50 \pm 0,10$, за красным — 0,30; общая фотографическая широта — 1,5; средний градиент всех слоев 0,5—0,65; отношение коэффициента контрастности к среднему градиенту — не более 1,10; среднеквадратичная гранулярность за зеленым светофильтром — не более 2,2, за красным — 2,7; частотно-контрастная характеристика зеленочувствительного слоя — не менее 0,22, красноточувствительного — 0,15; уровень маскирования и эффективность светофильтрового слоя: $K_{0,05}^z=0,10$; $K_{0,05}^c=0,00—0,10$; $K_{0,05}^k=0,05—0,10$; $K_{0,05}^{ж}$ — не более 0,12.

Есть цветные негативные киноплёнки, сбалансированные на освещение объекта источниками света с $T_c=6500\text{ K}$, например тип ДС-5М. Эта киноплёнка имеет общую светочувствительность порядка 32 ед. ГОСТ. Остальные фотографические характеристики близки к показателям, принятым для киноплёнки ЛН-8.

При освещении объекта съемки источником света, не совпадающим с цветовой температурой, на которую сбалансирована цветная негативная киноплёнка, например при съемке с дневным освещением на киноплёнке, сбалансированной к $T_c=3200\text{ K}$, используют светофильтр: отечественный ОС-6, фирмы KODAK-WRATTN=85, AGFA-GEVAERT=СТО-12 и др. В ряде случаев источники освещения объекта съемки экранируют цветными светофильтрами, имитирующими нужную цветовую температуру.

Съемка со светофильтром уменьшает количество света, действующего на киноплёнку во время экспонирования, и тем самым как бы снижает ее светочувствительность. Например, киноплёнка, сбалансированная к $T_c=3200\text{ K}$ и имеющая 100 ед. ГОСТ, при съемке с источником освещения с $T_c=6500\text{ K}$ и со светофильтром на объективе должна оцениваться как имеющая 65 ед. ГОСТ.

Киноплёнки, сбалансированные на различное освещение по цветовой температуре (3200 K и 6500 K), неодинаковы по сенсибилизации светочувствительных слоев и по цветовоспроизведению. Поэтому одни и те же объекты съемки воспроизводятся различными изображениями. Это различие часто сказывается при монтаже фильма.

Оптическое изображение объекта съемки в цветном негативе фиксируется раздельно в трех светочувствительных слоях. Как было ранее указано, цветной негатив будет иметь правильное цветоделение, если каждое из трех изображений при печатании действует только на один строго определенный светочувствительный слой позитивной киноплёнки, т. е. желтый, пурпурный и голубой красители в негативе поглощают лучи соответственно лишь синей, зеленой и красной зон спектра. Применяемые в негативных киноплёнках краскообразующие компоненты не позволяют получать красители, полностью отвечающие этому требованию (рис. III.2). Пурпурный краситель поглощает лучи не только зеленой, но в некоторой степени и синей зоны спектра; голубой краситель помимо красных лучей имеет паразитное поглощение и в зеленой зоне спектра, почти не сказывающееся на цветоделении при печатании изображения.

Следствие паразитного поглощения света красителями в негативе во время печатания наряду с полезными изображениями возникают посторонние изображения. Так, пурпурное изображение печатается не только на среднем зеленочувствительном слое позитивной киноплёнки (полезное изображение), но и в двух других слоях: там получают паразитные изображения. Аналогичное явление имеет место при печатании негативного красноточувствительного слоя, которое образует наряду с полезным изображением два паразитных изображения в двух других слоях позитивной киноплёнки.

В результате паразитных поглощений каждое из частных цветоделенных негативных изображений оказывается напечатанным в разных слоях позитивной киноплёнки. Поэтому объект съемки воспроизводится с заметным цветоискажением. Так, зеленые, голубые и частично желтые детали объекта приобретают в изображении синий оттенок, пурпурные и красные детали — голубой оттенок и т. д.

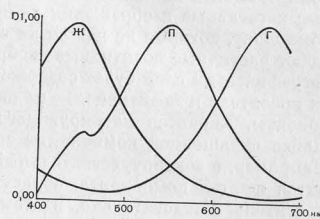


Рис. III.2. Кривые спектрального поглощения красителей цветной киноплёнки

Для устранения цветоделительных искажений применяют маскирование, основанное на том, что к частичным цветоделенным негативным изображениям добавляются корректирующие позитивные изображения — маски. Чтобы осуществить маскирование, в светочувствительные слои негативной цветной киноплёнки вводят окрашенные краскообразующие компоненты. Эти компоненты после экспонирования и проявления киноплёнки в ее слоях образуют частичные негативные изображения из красителей. Оставшиеся количества компонент, которые не пошли на образование красителей, как бы создают частичные позитивные изображения. В результате каждый фотографический слой будет содержать два изображения: негативное — из красителя и позитивное — из окрашенной краскообразующей компоненты. Характер маскирующего действия изображения из оставшейся окрашенной компоненты зависит от ее окраски и плотности. Например, в зеленочувствительный слой негативной киноплёнки вводится желтая компонента, образующая при проявлении пурпурный краситель. Следовательно, в этом слое одновременно с пурпурным негативным изображением присутствует и желтое позитивное изображение. При печати с такого фотографического слоя желтое позитивное изображение — маска — исключает появление паразитных изображений в цветном позитиве.

Негативные цветные киноплёнки имеют два светочувствительных слоя с маскирующими краскообразующими компонентами: зеленочувствительный — с желтой компонентой и красочувствительный — с оранжевой компонентой. Есть киноплёнки, у которых светочувствительные слои состоят из двух подслоев. В этом случае один из подслоев содержит неокрашенную компоненту, другой — окрашенную, образующую маску.

Недомаскирование негатива не устраняет цветоискажений, пере-маскирование приводит к уничтожению полутонов в цветном изображении. Поэтому два изображения (негативное и масочное) подбираются так, чтобы они на определенных участках полностью компенсировали друг друга и образовывали как бы равномерную вуаль (желто-оранжевого цвета), вычитаемую во время печати за счет соответствующего баланса светочувствительных слоев позитивной киноплёнки. Следовательно, контроль за степенью маскирования негатива в процессе обработки цветной негативной киноплёнки имеет большое значение. Плотность маски должна быть постоянной у всей обрабатываемой партии негативной киноплёнки. Эту плотность киноплёнки оценивают по участку, на который не действовал свет.

Характер маскирования оценивают методом, предусмотренным в ГОСТ 19-64—76. Сущность его в определении соотношений приращения эффективных плотностей в зонах вредных поглощений и соответствующих эффективных плотностей в зонах полезных поглощений красителей.

Метод заключается в следующем: в сенситометре образец маскированной киноплёнки экспонируют на трех участках. Каждый участок экспонируют под узкозональным световым фильтром, обеспечивающим получение цветоделенной сенситограммы с величиной полезной плот-

Таблица 6

Цветные негативные киноплёнки

Производитель	Название киноплёнки	Размер кино-плёнки, мм	Светочувствительность						Рекомендуе- мый процесс обработки
			ГОСТ		DIN		ASA		
			8000 К	3200 К	6000 К	3200 К	6000 К	3200 К	
Отечественное	ДС-5М ЛН-7 ЛН-8	35/16 35/16 35/16	32 45 64	22 65 100	47 49 20	46 20 21	40 50 64	30 80 100	ПН ПН ПН
ORWO	NC-3	35/16	45	65	19	20	50	80	5186
KODAK	Eastman Color I	5254 7254	64	100	20	21	64	100	ECN-1
	Eastman Color II	5247 7247	64	100	20	21	64	100	ECN-2
AGFA-GEVAERT	Gevacolor — 680	35/16	64	100	20	21	64	100	ECN-1
FUJIFILM	Fujicolor 8517/8527	35/16	64	100	20	21	64	100	ECN-2
ЗМ	CR 64 CR 160 CR 250	46 46 46	22 45 90	46 65 65	45 49 21	44 20 20	32 64 125	25 80 100	— — —

ности, близкой к величине полезной плотности неэкспонированного образца ($D_{\min}$) и на 10—15 полях этой же сенситограммы — полезные плотности от $D_{\min}$ до $D_{\min+1,1}$. Фотографическая обработка сенситограмм должна соответствовать режимам, установленным для испытуемой киноплёнки.

Цветоделенная сенситограмма (желтая, пурпурная и голубая) промеряется на денситометре поочередно под тремя светофильтрами.

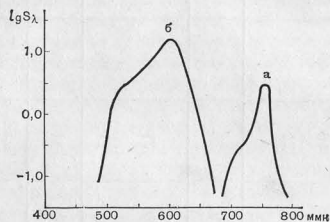


Рис. III.3. Кривые чувствительности спектрональной киноплёнки: а — верхний слой, б — нижний слой

По результатам измерений на миллиметровой бумаге строят кривые, придерживаясь следующего правила: на оси абсцисс отмечают плотности в зонах полезных поглощений с красителем ($D_{\text{пол}}$): в синей зоне — для желтой сенситограммы (D_c), в зеленой — для пурпурной сенситограммы (D_3), в красной — для голубой сенситограммы (D_R). По оси ординат отмечают соответствующие им плотности в зонах вредных поглощений красителей ($D_{\text{вр}}$): в зеленой и красной зонах — для желтой сенситограммы (D_3 , D_R), в синей и зеленой — для голубой сенситограммы (D_c , D_3).

В табл. 6 приведены наиболее распространенные цветные киноплёнки.

Особым видом цветных негативных киноплёнок являются спектрональные. В большинстве случаев такие киноплёнки имеют два различно сенсibilизированных слоя, например верхний инфракрасный с максимальной чувствительностью к излучению 740 нм и нижний — ортохроматический или панхроматический, максимально чувствительный соответственно к излучению 550 или 650 нм (рис. III. 3).

В светочувствительные слои введены разные по природе краскообразующие компоненты, создающие после фотографической обработки цветоделенные изображения. В позитиве с такого негатива красные детали объекта съемки могут оказаться зелеными, зеленые — пурпурными и т. д.

Спектрональные киноплёнки позволяют получать не только идеальные по цвету изображения, но и расшифровывать неразличимые для глаза объекты, если одни из них отражают инфракрасные лучи, а другие — видимые. Съемка на эти киноплёнки в зависимости от

их строения ведется через желтый, оранжевый или красный светофильтры. Такими киноплёнками пользуются для создания сказочных сюжетов и других необычных изображений в фильме.

§ 17. Гиперсенсibilизация и латенсификация киноплёнок

Светочувствительность черно-белых и цветных негативных киноплёнок можно повысить специальной обработкой.

Повышение светочувствительности киноплёнок до съемки называется гиперсенсibilизацией.

Повышение светочувствительности киноплёнок после съемки называется латенсификацией.

Гиперсенсibilизацию и латенсификацию осуществляют разными способами, например купанием киноплёнок в воде и в специальных растворах, обработкой парами ртути и действием света (засветкой) на киноплёнку.

Купание киноплёнки в воде и в растворах применяют редко, так как практически трудно выполнить такую операцию и сушку без риска повредить светочувствительный слой. Кроме того, киноплёнки после такой обработки быстро вуализуются.

При обработке парами ртути киноплёнку помещают в герметически закрытый сосуд с ртутью. В этом сосуде киноплёнку выдерживают при комнатной температуре несколько дней, а при повышенной температуре — несколько часов. Ртутью пользуются редко из-за токсичности процесса и нестабильности результатов.

Наибольшее распространение нашли процессы, использующие действие света на киноплёнку. Засветку ведут различными аппаратами, обеспечивающими равномерное и строго дозированное действие света на светочувствительный слой киноплёнки. Например, для засветки применяют различные перемоточные устройства, копируемые аппараты с непрерывным движением киноплёнки и т. д. Необходимо лишь, чтобы в этих устройствах можно было регулировать скорость транспортирования киноплёнки и количество света.

Полагают, что при гиперсенсibilизации свет, действуя на микрокристаллы галогенида серебра, повышает светочувствительность их центров. Во время латенсификации свет доразвивает субцентры скрытого изображения до центров проявления.

Эти процессы могут быть выполнены: длительной засветкой (несколько минут) малым количеством света и, наоборот, короткой засветкой (доли секунды) большим количеством света. Предпочтение отдают засветке, осуществляемой малым количеством света при длительном его действии.

Действие гиперсенсibilизации и латенсификации в основном сказывается на нижней части характеристических кривых киноплёнок. Они становятся более светочувствительными и менее контрастными (рис. III. 4). Приобретенные свойства сохраняются недолго. Поэтому засвеченные до съемки киноплёнки следует использовать как можно быстрее; также нельзя хранить киноплёнки, засвеченные

после съемки, — их необходимо обработать непосредственно после экспонирования. Есть сведения, что эффект засветки киноплёнок сохраняется несколько часов. Наибольший эффект засветки будет в том случае, если киноплёнки проявляют до контрастности, меньшей максимальной для данного типа.

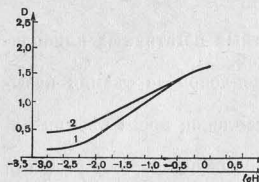


Рис. III.4. Действие засветки на характеристическую кривую киноплёнки: 1 — до засветки, 2 — после засветки

Устанавливая светофильтр перед источником света, действующим во время засветки цветных киноплёнок, можно изменять баланс их слоев и добиваться различного цветовоспроизведения объекта съемки. Цвет светофильтра и его плотность зависят от задаваемого баланса киноплёнки. С помощью светофильтра можно снизить насыщенность цвета в изображении и сделать его пастельным.

Экспозиция засветки диктуется свойствами киноплёнок и желаемым эффектом в изображении. Ее устанавливают

по сенситограммам, по пробам с изображением, а также по сенситограммам и пробам с изображением одновременно.

При гиперсенситализации отрезки киноплёнок первоначально засвечивают с несколькими разными экспозициями, затем отрезки экспонируют в сенситометре и обрабатывают в проявочной машине до контрастности, рекомендованной для данных киноплёнок. Сопоставляя сенситометрические характеристики засвеченной киноплёнки и незасвеченной, оценивают степень гиперсенситализации и выбирают режим для производственной работы.

Устанавливая режим гиперсенситализации по пробам с изображением, поступают так: на различно засвеченных отрезках киноплёнки и на киноплёнке, которая не засвечивалась, делают экспонogramмы эталонного или рабочего объекта. Предпочтение отдают экспонogramмам эталонного объекта. Экспонogramмы, обработанные в проявочной машине, покажут действие каждой засветки на изображении.

Одновременное использование сенситограмм и экспонogramм позволяет более точно определить условия гиперсенситализации киноплёнки, так как помимо визуальной оценки изображения будут и количественные характеристики. Техника изготовления сенситограмм и экспонogramм аналогична ранее рассмотренным способам.

Для определения режима латенсификации отрезки киноплёнки, одинаково экспонированные в сенситометре, засвечивают при разных экспозициях. Затем отрезки обрабатывают в проявочной машине при производственных режимах. По сенситометрическим характеристикам отрезков можно установить действие каждой засветки.

Если засветку определяют по пробным изображениями, тогда одинаковые экспонogramмы эталонного или рабочего объекта засвечивают при различных экспозициях. По обработанным в проявочной

машине экспонogramмам легко определить нужную экспозицию для засветки киноплёнки.

Сенситограммы и экспонogramмы, использованные для оценки эффекта латенсификации, гарантируют наилучшие результаты.

При выборе экспозиции для засветки киноплёнки по любому из процессов ориентируются по проработке в изображении темных деталей объекта съемки и по плотности вуали, которая возникла от засветки киноплёнки. Плотность вуали должна быть в пределах нормы.

Когда сенситограммы и экспонogramмы делают на половине площади киноплёнки, тогда эффект гиперсенситализации или латенсификации легче обнаружить. Наилучшим образом оценивается влияние засветки киноплёнки, если на экран проецируют позитивы, одновременно напечатанные с обеих половинок экспонogramм.

Засветкой киноплёнки можно выявить детали, которые невидимы в обычном изображении, например в ночной сцене, в затемненных помещениях и т. д. Однако засветка не оказывает никакого влияния при съемке объектов с хорошо освещенными деталями, например при дневном освещении.

Засветка с цветными светофильтрами применяется в тех случаях, когда объекты чрезмерно насыщены по цвету или когда по творческим соображениям необходимо воспроизвести объект в мягкой тональности.

Наибольшее распространение нашел процесс латенсификации. Он дает более ощутимое повышение светочувствительности киноплёнки, изменение тональности в изображении, нагляднее для оценки и легче по управлению процессом.

§ 18. Фотографическая обработка негативных киноплёнок

По мере производства съемок по фильму экспонированные негативные киноплёнки поступают в студийный цех или на специальное предприятие для фотографической обработки.

Важнейшей операцией при фотографической обработке киноплёнок является проявление.

Черно-белые негативные киноплёнки обрабатывают в растворах, составленных по рецептам фирм, изготовляющих эти материалы (табл. 7). Чтобы проявить киноплёнки, необходимо установить продолжительность их обработки в растворе. Есть несколько способов определения продолжительности проявления киноплёнок. Наиболее распространенным является способ проявления до заданного значения коэффициента контрастности (γ) или среднего градиента ($\bar{g}$) киноплёнки.

Если фильм снят на стандартной негативной киноплёнке, а фотографическая обработка ведется при технологическом режиме, рекомендованном фирмой, продолжительность проявления соответствует времени, указанному в паспорте на киноплёнку. Эта продолжительность проявления гарантирует получение негатива с постоянными

Рецепты проявителей для черно-белых негативных киноплёнок

Наименование вещества	Отечественный	ORWO-19	Kodak D-76	Gevaert G-208
Метол, г/л	1,6	2,0	2,0	2,0
Гидрохинон, г/л	2,0	5,0	5,0	4,0
Сульфит натрия безводный, г/л	100,0	100,0	100,0	100,0
Бура, г/л	2,0	2,0	2,0	2,0
Бромистый калий, г/л	0,4	—	—	—
Гексаметафосфат натрия, г/л	—	2,0	—	—

сенситометрическими характеристиками. Такие негативы при правильном экспонировании во время съёмки обеспечивают изготовление позитивов в стандартных условиях и оптимального качества. Одинаковое проявление негативов особенно необходимо для тиражирования фильма (§ 40).

Как правило, для негативных киноплёнок устанавливают одно значение коэффициента контрастности (γ) или среднего градиента ($\bar{g}$), например 0,65—0,70.

Режим проявления для достижения заданного значения контрастности определяют по кривым кинетики проявления, построенным при испытании каждой партии негативных киноплёнок в производственных условиях.

Если фильм снимают на негативных киноплёнках с разными сенситометрическими характеристиками, необходим подбор времени проявления для достижения необходимых параметров. Также нужно определять время проявления, если фотографическая обработка киноплёнок происходит при режимах, отличающихся от рекомендованных фирмой, например, по составу проявителя, его температуре или способу проявления. В таких случаях фотографическую обработку киноплёнок ведут по сенситометрическим показателям, гарантирующим стандартность проявления, что способствует уверенной работе оператора во время съёмки.

Для контроля режима фотографической обработки в конце рулона оставляют 25—30 см неэкспонированной киноплёнки. На этот участок печатается оптический клин сенситометра. При отсутствии неэкспонированной киноплёнки в конце рулона контрольную сенситограмму делают на такой же киноплёнке и прикрепляют ее к обрабатываемому рулону. Иногда в целях уточнения режима проявления киноплёнки дополнительно к прежним испытаниям строят кривую кинетики проявления по сенситограммам, сделанным на этой киноплёнке.

Путем подбора продолжительности проявления можно получить заданное значение контрастности киноплёнки и не в стандартном растворе — истощенном, при пониженной или повышенной температуре и т. д. В этом случае показатель контрастности будет правильным, а плотность изображения окажется недостаточной или повышенной.

Чтобы исключить появление недоброкачественных негативов из-за нарушений в технологическом процессе, принято одновременно с определением контрастности по сенситограмме измерять и плотность ее среднего поля. Плотность этого поля, т. е. номер поля, выбирают такую, которая близка плотности сюжетно важной детали изображения. Совпадение показателей контрастности и плотности среднего поля у всех сенситограмм свидетельствует о стандартности обработки киноплёнок.

При оценке режима обработки киноплёнок показатель контрастности негатива может несколько отличаться от нормированного значения. Как правило, допуск по коэффициенту контрастности или среднему градиенту не превышает $\pm 0,05$. Такое колебание в контра-

стности практически не сказывается на изображении. Величину плотности среднего поля сенситограммы устанавливают для каждой партии негативной киноплёнки в зависимости от ее светочувствительности. Колебания по плотности могут быть в пределах $\pm 10\%$.

Хроникальные события, научные исследования и некоторые другие объекты часто снимают при неблагоприятных условиях по освещению. Бывает, что по отдельным объектам съёмки в фильме добиваются специальных эффектов за счёт искажения яркостей деталей или других характеристик. Экспонированные в таких условиях киноплёнки допустимо обрабатывать по пробе от сънятого изображения. В таких случаях на коробке с экспонированной киноплёнкой указывается, где находится проба — в начале или в конце рулона. Проба может служить правильным ориентиром лишь в том случае, если по экспозиции, характеру освещения и прочим показателям она соответствует рабочему изображению.

Чтобы определить продолжительность проявления, часть пробы обрабатывают в проявочной машине такое время, которым наиболее часто пользуются в производственных условиях для данного типа киноплёнок. При наличии проб от нескольких коробок с киноплёнкой, экспонированной различно, все пробы соединяют в рулон и обрабатывают в машине одновременно. Просматривая обработанные в стандартных условиях пробы, мастер визуально оценивает изображение и по каждой пробе устанавливает режим проявления рабочего материала.

Если по пробе трудно определить продолжительность проявления киноплёнки (изображение очень плотное, прозрачное, контрастное и т. д.), то обрабатывают вторую пробу при режиме, близком к предполагаемому. При сложных по характеру освещения объектах, например при закате солнца, в тумане и т. д., делают не только несколько проб, обрабатываемых разное время, но и приглашают автора съёмки для консультации.

Способ обработки рабочего материала по пробам не следует переоценивать, так как возможности исправления экспозиционных ошибок или характера освещения объекта регулированием продолжительности проявления негативных киноплёнок весьма ограничены. Исправлению поддаются очень незначительные погрешности съёмки.

Недостатком этого способа фотографической обработки является то, что при рассматривании пробы изображение оценивают субъективно, в основном ориентируясь на плотность негатива. В результате негативы одного и того же объекта съёмки, обработанные в разное время или разными мастерами, могут значительно различаться по плотности и контрастности. Это различие оказывается ещё большим, если сняты сложные по содержанию объекты. Также неправильно будут обработаны негативы, если режим проявления для нескольких материалов, экспонированных различно, установить по одной пробе. В результате негативы по-разному воспроизведут интервал яркостей объекта, причем искажения в них могут быть настолько большими и отличными друг от друга, что получить доброкачествен-

ный и ровный позитив фильма со смонтированного изображения не будет возможности.

Нестандартность режима обработки негативной киноплёнки при ее обработке по пробам дезориентирует оператора в определении экспозиции, в характере освещения объекта съёмки, а также препятствует выявлению подлинных причин недоброкачественности негатива.

Цветные негативные киноплёнки обрабатывают при режимах, рекомендованных фирмами (табл. 8, 9, 10). Эти режимы обеспечивают баланс светочувствительных слоев киноплёнки.

Практически цветные негативные киноплёнки не всегда точно сбалансированы по светочувствительным слоям. Поэтому баланса слоев достигают проявлением киноплёнки. Обычно балансируют светочувствительные слои по контрастности, так как нарушения по балансу светочувствительности легко устраняют во время печатания негатива подбором спектрального состава света в копировальном аппарате.

Чтобы определить продолжительность проявления, при которой светочувствительные слои негативных киноплёнок будут сбалансированы по контрастности, в проявочной машине обрабатывают три сенситограммы испытуемых киноплёнок. Сенситограммы проявляют с различной продолжительностью, близкой к производственным условиям. На основании промера сенситограмм строят характеристические кривые. По каждой сенситограмме получают три характеристические кривые — соответствующие трем красителям, образующим цветное негативное изображение. Определив для каждой характеристической кривой контрастность (γ или $\bar{g}$), переносят ее значение на полулогарифмический бланк или миллиметровую бумагу, согласовывая показатель контрастности с продолжительностью проявления сенситограммы. Затем строят кривые кинетики проявления по частичным светочувствительным слоям. Перпендикуляр, опущенный из точки пересечения трех кривых на шкалу времени проявления, укажет продолжительность обработки киноплёнки, при которой будет получен баланс слоев по контрастности.

Режим проявления часто определяют по одной характеристической кривой, полученной при промере сенситограммы на денситометре за зеленым светофильтром, так как качество цветного изображения сильно зависит от доли участия в нем пурпурного красителя, образуемого в светочувствительном слое киноплёнки.

В проявочной машине обрабатывают три сенситограммы разное время. Затем эти сенситограммы промеряют на денситометре за зеленым светофильтром, строят характеристические кривые, определяют значение контрастности и по кривой кинетики проявления находят, при какой продолжительности обработки будет получено заданное значение контрастности.

Контроль режима обработки рабочего материала ведут по сенситограммам, впечатанным в рулон киноплёнки. По этим сенситограммам определяют: контрастность (γ или $\bar{g}$), плотность среднего поля (D_x) и плотность маски ($D_{\text{маск}}$). Эти параметры должны быть

Режим обработки цветных негативных киноплёнок

Название операции	Отечественный		ORWO		Kodak ECN-1		Kodak ECN-2		Примечания
	температура, °C	продолжительность, мин	температура, °C	продолжительность, мин	температура, °C	продолжительность, мин	температура, °C	продолжительность, мин	
Размачивание	—	—	—	—	21	(10—20)	26,5	(10—20)	1. При процессе ECN-1 обрабатываются киноплёнки EASTMAN COLOR тип 3259, 7254 GEVACOLOR T 680. Т 8516. 2. В скобках указана продолжительность в с. 3. При процессе ECN-2 обрабатываются EASTMAN COLOR тип 5247, 7247; Eujicolor 8517, 8527
Удаление слоя	—	—	—	—	21	(10—20)	26—38	(10—20)	
Проявление	5—7	20	6—8	20	21	12	3	41,1	
Промывка	—	—	15	12—15	(10—20)	21	—	—	
Допроизведение	5	20	—	—	—	—	—	—	
Прерывание	—	—	—	—	—	—	(30)	26—38	
Фиксирование	4—7	18	—	—	4	21	—	—	
Промывка	12	12	—	—	4	21	(30)	26—38	
Обеливание	4	20	5	20	8	21	3	38	
Промывка	5	12	5	12—15	4	—	1	26—38	
Фиксирование	4	18	5	20	4	—	2	38	
Промывка	15	12	15	12—15	7	—	2	26—38	
Стабилизация	—	—	—	—	1	—	—	—	
Промывка	—	—	—	—	(1—5)	—	—	—	
Смачивание	—	—	—	—	(1)	(10)	26—38	—	

Рецепты проявляющих растворов для обработки цветных негативных киноплёнок

Наименование вещества	Отечественный	ORWO	ECN-1	ECN-2
ЦПВ-1	2,3	2,75	—	—
CD-3 (фирмы)	—	—	5	4
Сульфит натрия безводный, г	2	2	2	2
Гидроксиламин, г/л	1,2	1,2	—	—
Сода безводная, г/л	60	75	—	25,6
Сода моногидрат, г/л	—	—	50	—
Бромистый калий (натрий), г/л	2	2	(0,86)	1,2
Гексаметафосфат натрия, г/л	—	2	2	—
Трилон Б, с/л	2	—	—	—
Едкий натр, г/л	—	—	0,5	—
Бикарбонат натрия, г/л	—	—	—	2,7
Бензиловый спирт	—	—	3,8	—
Умягчитель (фирмы)	—	—	—	2
Активатор (фирмы)	—	—	—	0,22

постоянными у каждой партии обрабатываемой киноплёнки. При конфликте в оценке процесса обработки цветных киноплёнок дополнительно определяют баланс светочувствительных слоев по контрастности и другим характеристикам, используя для построения кривых три или два светочувствительных слоя. В последнем случае

Рецепты вспомогательных растворов для обработки цветных негативных киноплёнок

Название вещества	Отечественный				ORWO		Kodak ECN-1				Kodak ECN-2			
	допроявляющий	отбеливающий	фиксирующий		отбеливающий	фиксирующий	отбеливающий	фиксирующий	отбеливающий	фиксирующий	отбеливающий	фиксирующий	отбеливающий	фиксирующий
Феррицианид калия	—	30	—	—	40	—	—	50	—	—	—	—	—	—
1-е отбеливающее (фирмы)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	—
2-е отбеливающее (фирмы)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	143	—
Бромид калия (натрия), г/л	—	15	—	—	15	—	—	(17)	—	—	—	—	—	—
Уксусная кислота ледяная, мл/л	—	—	—	—	—	—	—	—	13,4	—	—	—	6,9	—
Тиосульфат натрия (аммония), г/л	—	—	200	—	160	—	—	—	240	—	—	—	—	(185)
Фосфат калия однозамещенный, г/л	—	17	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Борная кислота, г/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—	—	—
Сульфит натрия безводный, г/л	—	—	5	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	40
Сульфат натрия, г/л	—	—	—	—	—	20	100	—	—	—	100	—	—	—
Метабисульфит натрия, г/л	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,4
Едкий натр, г/л	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Тетраборат натрия, г/л	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	20	—	—	—

Примечания: 1. В процессе ECN-2 предусмотрен стабилизирующий раствор, содержащий 50 мл/л серной кислоты. 2. В процессе ECN-1 предусмотрен стабилизирующий раствор, содержащий: 1 г гексаметафосфата натрия, 3 г фосфата натрия двузамещенного и 4,5 г фосфата натрия однозамещенного на 1 л воды.

используют характеристические кривые зелено- и красочувствительных слоев.

Фотографическая обработка цветных негативных киноплёнок по пробе от изображения совершенно недопустима. Проба не позволяет оценивать баланс частичных слоев в изображении, она показывает лишь общую его плотность. Визуально правильный по плотности негатив может быть сильно разбалансированным по контрастности слоев, поэтому напечатать доброкачественный позитив с него будет невозможно.

Если все же обстоятельства заставляют вести съемку в заведомо неблагоприятных условиях, тогда пробы от рабочего материала обрабатывают в проявочной машине при различных режимах. Затем пробы оценивают с помощью цветоанализатора (§ 25), и по изображению в нем устанавливают оптимальное проявление для каждой пробы.

Обработка черно-белых и цветных негативных киноплёнок по заданным сенситометрическим характеристикам дает положительные результаты, если весь технологический процесс в проявочной машине стандартный. Постоянный контроль процесса обработки осуществляется с помощью контрольных сенситограмм, сделанных на стандартной киноплёнке, через строго определенное время. Эти сенситограммы показывают состояние технологического процесса в машине. Характеристики сенситограмм регистрируют в журнале или на специальном бланке.

Черно-белый и цветной негативы из-за экспозиционных, световых и прочих ошибок, допущенных при съемке, могут оказаться недоброкачественными и при правильных сенситометрических характеристиках, полученных по сенситограммам. Эти характеристики оценивают лишь фотографическую обработку киноплёнки или технологический процесс. Напомним, что коэффициент контрастности (v) и средний градиент ($\bar{g}$) — это значения, характеризующие только степень проявления киноплёнки, но не само изображение, которое может быть с завышенным или заниженным контрастом по условиям освещения объекта съемки.

Иногда в целях повышения светочувствительности киноплёнки применяют форсированную фотографическую обработку. Под которой понимают удлинение времени проявления, повышение температуры растворов или введение в растворы специальных активизаторов. Форсированная обработка неодинаково действует на разные киноплёнки, и не все киноплёнки могут быть обработаны при форсированных режимах. Рост светочувствительности у киноплёнок при форсированной их обработке ограничен и обычно не превышает двойного увеличения. Как правило, форсированная обработка киноплёнки приводит к ухудшению ее структурных характеристик: повышается зернистость, снижается проработка мелких деталей и т. д. У цветных киноплёнок дополнительно возникают и градиционные искажения.

Для фотографической обработки экспонированные киноплёнки должны поступать упакованными в светонепроницаемые пакеты и в

коробки, крышки которых по стыку с корпусом заклеивают липкой лентой. На крышку коробки следует наклеить этикетку, характеризующую кинолентку, условия съемки и другие сведения, необходимые для ее обработки. Каждая партия сдаваемой в обработку киноплёнки сопровождается бланком заказа или другим подобным документом, в который заносят сведения о технологии обработки и о замеченных дефектах в негативе. Одновременно с бланком заказа передают монтажные карты или другие документы, указывающие материал, с которого необходимо напечатать позитив.

§ 19. Негативное изображение

Негатив — фотографическое изображение объекта съемки, характеризуемого формой, размером, цветом и фактурой деталей. Они становятся различными в том случае, если излучают свет или отражают падающий на них свет, т. е. обладают яркостью (B). Упрощая, объект съемки можно представить как шкалу яркостей, расположенных беспорядочно на площади кадра киноплёнки. Шкала оценивается интервалом яркости (l_0) в виде десятичного логарифма.

Объекты, детали которых приблизительно одинаково освещены, имеют интервал яркости, определяемый отношением крайних значений коэффициента отражения, около 1,6. Объекты с неодинаковой освещенностью деталей могут иметь очень большой интервал яркостей. Наиболее распространенные объекты съемки характеризуются интервалом яркостей в пределах 1,5—2,5. Только некоторые объекты имеют интервал яркостей до 6,0.

Оптическое изображение объекта на светочувствительном слое киноплёнки в съемочном аппарате создается светом, слагаемым из двух величин: одна — светом, образующим оптическое изображение объекта, вторая — светом, возникающим в результате рассеяния и отражения поверхностями объектива, светофильтра, оптической насадки и др.

Контрастом объекта называют отношение яркостей самой светлой и самой темной деталей объекта. Контраст объекта определяют по уравнению:

$$U_0 = \frac{B_{\max}}{B_{\min}}.$$

Контраст оптического изображения — есть отношение освещенностей самой светлой и самой темной деталей в оптическом изображении объекта. Контраст оптического изображения определяют по уравнению:

$$U_0 = \frac{E_{\max}}{E_{\min}}.$$

Интервал освещенностей оптического изображения соответствует уравнению:

$$l_0 = \lg E_{\max} - \lg E_{\min}.$$

Посторонний свет, налагаясь на оптическое изображение, уменьшает контраст объекта. Эту потерю контраста можно определить по уравнению:

$$\frac{l_1}{l_0} = \beta,$$

где β — коэффициент потери контраста.

Потеря контраста для светлых и темных деталей оптического изображения различна. Действие постороннего света сказывается тем сильнее, чем ниже освещенность деталей изображения или чем ближе они расположены к источникам рассеянного света. Это объясняется тем, что сравнительно небольшое количество постороннего света существенно не изменяет и без того большую освещенность в светах. В то же время величина постороннего света довольно велика по сравнению с освещенностью в тенях объекта.

Неодинаковое уменьшение контраста оптического изображения по отношению к контрасту объекта съемки зависит и от вида объекта. Например, оптическое изображение зимнего пейзажа, имеющего большую интегральную яркость, следовательно, и большое светорассеяние, будет искажено значительно сильнее, чем оптическое изображение летнего пейзажа.

Не менее заметно влияние светорассеяния на цветопередачу объекта съемки, так как цвета в оптическом изображении могут разбавляться или приобретать другой цветовой оттенок, если в рассеянном свете преобладает какой-нибудь один цвет.

Точное воспроизведение яркостей и цветов объекта съемки оптическим изображением невозможно. Оно всегда передает только общий характер их распределения в объекте. Распределение яркостей и цветов в оптическом изображении тем ближе к действительности, чем ниже уровень яркости рассеянного света.

Воспроизведение оптического изображения объекта в негативе зависит от очень многих причин: свойств негативных киноплёнок, условий съемки, фотографической обработки киноплёнок и обращения с ними. Степень влияния каждого фактора на негатив различна.

Характеристическая кривая киноплёнки выражает связь между количествами освещения, полученными светочувствительным слоем при съемке и оптическими плотностями, вызванными этими количествами освещения. Для различных киноплёнок положение характеристической кривой относительно начала координат, угла наклона и формы отдельных участков могут быть разными.

Интервал количеств освещения, сообщаемых светочувствительному слою во время съемки объекта, соответствует отрезку оси абсцисс характеристической кривой. Длина этого отрезка постоянная и равна интервалу оптического изображения. Общая экспозиция определяет величины максимальной и минимальной внутрикадровых экспозиций, вследствие чего положение интервала количеств освещения на оси абсцисс зависит от общей экспозиции. С увеличением экспозиции интервал смещается вправо, а с уменьшением — влево. Следовательно, характер передачи оптического изображения зависит от

общей экспозиции и от формы и положения характеристической кривой киноплёнки. Области характеристической кривой неравноценны в смысле воспроизведения яркостей объекта съёмки. На криволинейных участках имеет место непропорциональное воспроизведение яркостей объекта.

Практически негативное изображение строится не только на прямолинейном, но и на начальном криволинейном участке характеристической кривой. Использование части нижнего криволинейного участка способствует обогащению изображения за счёт проработки тёмных деталей объекта. Верхний, конечный участок характеристической кривой редко бывает полезным, так как детали, создающие эти экспозиции, практически невоспроизводимы в позитиве.

Если интервал яркости объекта превосходит фотографическую широту киноплёнки, то некоторые детали в изображении могут оказаться недоэкспонированными или переэкспонированными. В результате негатив будет недоброкачественным. Напечатанные с такого негатива позитивы воспроизводят тёмные детали окрашенными в один цвет, яркие детали — в другой цвет, обычно разбеленный. В этом случае красные и желтовато-зелёные цвета желтеют, синие — приобретают фиолетовый оттенок.

§ 20. Подготовка негативов к печатанию

При подготовке негатива к печатанию из каждого рулона киноплёнки вырезают засвеченные и прозрачные куски, места сшивок, забракованные съёмочной группой дубли фрагментов (по формуляру, приложенному к заказу-наряду) и другие материалы, не подлежащие печатанию. Подготовленный таким образом негатив склеивают в рулоны до 300 м длиной. Склейку киноплёнки производят специальными прессами, обеспечивающими получение узкой и чистой склейки. Склеивание кусков негатива идет по ходу копировального аппарата, чтобы место склейки во время печатания не вызвало скачка в позитиве.

Склеивают киноплёнки различными растворами, например такого состава:

Подложка киноплёнки со смытым эмульсионным слоем	10 г
Апетон	300 мл
Метиленхлорид	300 мл
Метилгликоляцетат	300 мл
Диметилловый эфир фталевой кислоты	100 мл

Склеивать киноплёнку можно и с помощью липкой ленты или сваркой в специальных аппаратах.

К концам рулона, склеенного точно в рамку кадра негатива, присоединяют по несколько метров прозрачной киноплёнки. Эта ки-

ноплёнка служит ракордом, предохраняющим негатив от механических повреждений во время перемотки. На ракорде пишут или печатают название фильма, номер заказа, номер рулона или другие обозначения, принятые на данном предприятии. Все надписи должны перепечатываться в позитиве.

При подготовке к печатанию цветного, а иногда и черно-белого негатива на некоторых предприятиях от каждого фрагмента делают вырезки по 4 и по 10 кадров (обычно изображение объекта с ахроматической табличей). Эти вырезки применяют для определения режима печатания позитива (стр. 123). Десятикадровые вырезки склеивают в рулон в том же порядке, что и рабочий негатив. На каждом куске обеих кадровых вырезок и на рабочем негативе ставят одинаковый порядковый номер склеенных фрагментов.

Подготовленный к печатанию и перемотанный на начало негатив укладывают в коробки. Если есть кадровые вырезки, то их помещают в те же коробки, что и рабочий негатив. Предварительно всю вырезанную из негатива киноплёнку измеряют метроммером. Метраж изъятых киноплёнки записывают в заказ-наряд для учета бухгалтерией.

Перемотку негативов перед печатанием часто производят аппаратами, очищающими киноплёнку от пыли.

§ 21. Монтаж негатива

Монтаж негатива — склеивание рабочего негатива в строгом соответствии со смонтированным рабочим позитивом.

Монтаж негатива изображения производят после завершения съёмки и утверждения фильма на двух киноплёнках (смонтированный рабочий позитив и синхронная к нему фонограмма).

Подготовку негатива к монтажу начинают с момента запуска фильма в производство. Прикреплённая к фильму монтажница, получив негатив изображения после печатания с него рабочего позитива, разбирает негатив по дублям эпизода — фрагмента. Затем на наружном защитном ракорде каждого отрезанного дубля пишет начальные и конечные цифры, размещённые по краю киноплёнки за перфорациями (метражные или футажные номера). На этикетке коробки с негативами указывает название фильма и начально-конечные цифры каждого дубля. Эти же надписи делают на узкой полоске бумаги, которой заклеивают пазы коробки.

Одновременно с разборкой негатива в журнал или карточку фильма заносят номер заказа-наряда, порядковый номер коробок и начально-конечные цифры дублей негативов, уложенных в коробку.

Карточки для записей предпочтительнее журнала, так как в дальнейшем их можно разместить в порядке возрастающих номеров на киноплёнке.

Вероятно, в будущем сведения о хранимых рабочих негативах будут помещаться в память ЭВМ.

Подготовленный к хранению негатив передают на склад. Коробки с негативом ставят одну на другую так, чтобы их номера легко читались.

Смонтированный рабочий позитив поступает к ведущей монтажной. Она просматривает позитив и составляет ведомость на каждую часть фильма с перечислением порядковых номеров смонтированных фрагментов и указывает начальную-конечную цифры вошедшего дубля негатива с точным отсчетом кадров от границ этих цифр. Например, из дубля 567432 — 586927 в фильм вошел материал с обозначением 573421—582734+2 кадра с начала и 3 кадра с конца.

Получив со склада по требованиям, составленным по журналу или карточкам, коробки с нужным для монтажа материалом и выбрав из коробок только необходимые негативы, монтажница располагает их в монтажном порядке на полочках своего рабочего стола.

Часто для ускорения работы отбор материала и монтаж негатива ведут несколько работниц одновременно. В этом случае каждой монтажке выделяют определенные части фильма.

Приступая к монтажу, монтажница, отрезав весь лишний материал от отобранных негативов (оставляя на склейку по полкадра с обоих концов негатива), склеивает эти негативы, строго придерживаясь порядка и длины фрагментов, указанных в рабочем позитиве. Для склейки используют различные аппараты.

Негативы после подрезки сматывают в рулон и передают склейщице.

Требования к прочности и чистоте склеек смонтированного негатива еще выше, чем к склейкам рабочего материала.

После склейки к смонтированному рулону негатива с обоих концов подклеивают зарядные ракорды. Ракорды подклеивают и к негативу фонограммы, перезаписанному с магнитной записи звука. Длина ракордов и их форма зависят от вида фильма, к которому они подклеиваются. С негативов изображения и фонограммы, заряженных в копировальный аппарат по отметкам на стандартных ракордах, изготавливают позитив, в котором изображение синхронно со звуком. Помимо стандартных ракордов к негативам подклеивают зарядные ракорды, предохраняющие киноплёнку от износа во время перемоток.

Если разборка негативов ведется лишь по названиям фрагментов, в журнал заносят номер заказа, название фрагмента и номер коробки, в которой помещается этот материал. Эти же надписи делают на коробках с негативом.

До монтажа негативы сохраняют на складе. При этом методе работы съемочная группа со смонтированным рабочим позитивом передает в цех монтажные формуляры, содержащие записи номеров дублей с указанием, из каких фрагментов они состоят и в каком порядке смонтированы в фильме. Руководствуясь записями в журнале и в монтажных формулярах, работница получает со склада нужные коробки с негативом. Затем, вырезав из этих негативов указанные в монтажном формуляре дубли, располагает их в должном порядке на

полочках своего стола. После такой подготовки работница приступает к монтажу негатива фильма.

Монтаж осуществляют с помощью синхронизатора (рис. III. 5). Зарядив в синхронизатор смонтированный рабочий позитив и сличая каждый фрагмент с соответствующим отобранным дублем, отрезают от него весь лишний материал (оставляя по полкадра на склейку) и склеивают негативы в монтажном порядке. Затем подклеивают ракорды.

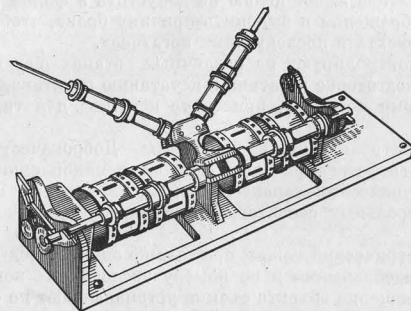


Рис. III.5. Синхронизатор киноплёнок

При способе монтажа по названиям фрагментов негативы предварительно не разбирают по дублям, поэтому их приходится разыскивать во многих коробках. Кроме того, из-за возможных ошибок в монтажных формулярах, которые составляются в крайне напряженных условиях в конце работы над фильмом, розыск нужных негативов усложняется.

Для корректирования, изготовления допечаток, проверки целостности фильма и других целей смонтированный негатив маркируют по фрагментам.

Маркировку производят с помощью печатающей машины, надписывая номера несмываемой тушью и другими способами. Порядковые номера наносят на межкадровое пространство, между перфорациями или на других свободных от изображения участках киноплёнки, но с таким расчетом, чтобы маркировка пропечатывалась в позитиве.

Длина каждой части фильма должна быть близкой к метражу позитивной киноплёнки, используемой для печатания. В этом случае уменьшаются потери позитивной киноплёнки в виде малометражных кусков, остающихся при печатании смонтированных негативов. Отклонение от стандартного метража допустимо лишь для последней части фильма.

Негативы пейзажей, событийных съемок и другие сюжеты, оставшиеся от монтажа фильма, поступают в фильмотеку, которой обычно пользуются для других фильмов.

После выпуска фильма в прокат и отбора негативов для фильмотеки всю оставшуюся киноплёнку сматывают в рулоны и изымают со склада.

§ 22. Контроль негатива

Контроль негатива имеет целью не допустить в фильм недоброкачественные изображения и выяснить причину брака, чтобы исключить появление дефекта в последующих негативах.

Негатив контролируют на различных этапах негативного процесса — при подготовке негатива к печатанию позитива, после монтажа по рабочему позитиву, при сдаче негатива для тиражирования фильма.

Методы контроля негатива различны. Доброкачественность его и правильность фотографической обработки киноплёнки определяют по сенситометрическим характеристикам, полученным на основании промера контрольных сенситограмм, прикрепленных к рулонам киноплёнки.

Экспозиционный режим при съемке оценивается по плотности негативного изображения и по номеру экспозиции копировального аппарата. Освещение объекта съемки устанавливают по соответствию изображения с его содержанием. Техническое состояние контролируют просмотром негатива в проходящем и отраженном свете при медленном перематывании его на монтажном столе; сравнением двух позитивов с одного негатива на параллельных экранах (резкость изображения, устойчивость кадра и другие); проецированием сомнительного негатива на эталонный экран; измерением на приборах нормируемых параметров и т. д.

Контроль негатива, особенно цветного, на монтажном столе не выявляет многих дефектов из-за наличия масок у цветных киноплёнок и невозможности визуально оценить частичные изображения, а также взаимосвязь между ними.

Большинство дефектов в негативе обнаружить невозможно, поэтому качество негатива оценивают при контроле позитива, напечатанного с негатива.

Контрастность, баланс частичных изображений и некоторые другие характеристики негатива можно оценить с помощью цветоанализатора. Этот аппарат позволяет без печатания негатива увидеть позитивное изображение.

Контроль негатива можно проводить как самостоятельную операцию, так и во время его подготовки к печатанию. Совмещение этих двух операций рационально, так как уменьшает количество перемоток киноплёнки.

Недоброкачественные негативы вырезают и составляют акт с указанием вида брака и причин его возникновения. Все забракованные негативы сохраняют до завершения работы по фильму, так как

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
29	Волнообразная деформация края киноплёнки	а) Неисправный лентопротяжный механизм аппарата или проявочной машины, б) см. 1
30	Вуаль двухцветная-дихроичная, в отраженном свете — желтоватая или зеленоватая, в проходящем — красноватая, местами изображение выглядит как бы неотфиксированным и имеет пятнистый вид	а) Проявляющий раствор загрязнен фиксажем, б) обработка происходила в слишком темном проявителе, в) проявление продолжалось чрезмерно долго, г) недостаточное промывание после проявления, д) фиксаж сильно загрязнен проявителем, е) обработка велась в очень истощенном фиксаже, ж) в проявителе много растворителей серебра — роданистого калия, сульфата, тиосульфата, з) фиксирование происходило в многократно регенерированном растворе
31	Вуаль желтая	а) Очень долгая обработка в истощенном проявителе, б) обработка в фиксаже, загрязненном проявителем, в) не было промежуточной промывки между энергичным проявителем и простым фиксажем
32	Вуаль коричневая	Окисление проявителя в эмульсионном слое до фиксирования
33	Вуаль по краю киноплёнки	а) Хранение дольше рекомендованного срока, б) хранение при неблагоприятных условиях, в) в съемочный аппарат или в кассету проникал свет, г) плохо закрытая коробка, где хранилась киноплёнка
34	Вуаль серая, равномерно покрывающая всю киноплёнку	а) Старая или неправильно хранившаяся киноплёнка, б) проявление при высокой температуре раствора, в) проявление в слишком концентрированном растворе или с недостаточным количеством противояливающего вещества, г) обрабатывалась в загрязненном проявителе или содержащем вуализующие вещества

* См. табл. 2.

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
35	Вялое изображение, по плотности нормальное	д) обрабатывалась чрезмерно долго, е) засвечивалась до съемки или во время проявления слабым светом, ж) чрезмерно большая экспозиция при съемке а) Съемка производилась при пасмурном освещении, б) объект съемки имел очень малый интервал яркостей, в) недопроявление излишне экспонированной киноплёнки
36	Два изображения на одной киноплёнке	Ошибочно дважды вели съемку на одну киноплёнку
37	Измятая киноплёнка	а) Съемочный аппарат неисправен, б) неправильно производилась зарядка аппарата
38	Изображение без темных деталей объекта	а) Неблагоприятное освещение при съемке, б) внутрикадровая экспозиция неправильна
39	Изображение одновременно негативное и позитивное	а) Засветка во время проявления, б) засветка при обработке в истощенном фиксаже
40	Изображение оказалось окрашенным в посторонний тон	а) Киноплёнка разбалансирована по светочувствительности, б) съемка происходила при освещении несогласованном с балансом киноплёнки, в) нарушен баланс слоев при проявления
41	Изображение периодически нерезкое	а) Киноплёнка деформировалась во время сушки, б) см. 8
42	Изображение плоского объекта неодинаково резко по площади кадра	а) Съемочный аппарат неисправен, б) внутрикадровая экспозиция неправильна, переэкспонированные детали из-за ореола рассеяния получились нерезкими, в) см. 8
43	Изображение с двойным контуром	а) Неправильная позиция при съемке панорамы, б) аппарат во время съемки вибрировал, в) объект съемки перемещался чрезмерно быстро
44	Изображение смазано по вертикали	Съемочный аппарат неисправен
45	Кадр неустойчив вертикально	а) Съемочный аппарат неисправен, б) см. 7
46	Кадр неустойчив горизонтально	а) Съемочный аппарат неисправен, б) см. 8, 28
47	Контрастное изображение, без деталей в тенях	Завышенное время проявления недостаточно экспонированной киноплёнки

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
48	Контрастное изображение недостаточной плотности при нормальном проявлении	Недостаточная экспозиция при съемке
49	Крупнозернистое изображение	а) Высокочувствительная киноплёнка, б) неблагоприятное распределение деталей по площади и освещению, в) завышенная экспозиция при съемке, г) проявление велось в истощенном растворе и очень долго
50	Линии ветвистые или темные пятна с размытыми краями — следы электроразрядов	а) Неудовлетворительное хранение киноплёнки, б) сухая киноплёнка перематывалась или терлась в съемочном аппарате
51	Линии черные, чуть размытые, пересекающие киноплёнку	Засветка киноплёнки через повреждения в коробке, в кассете, в съемочном аппарате
52	Машинное масло на киноплёнке	Обработка велась в неисправной проявочной машине
53	Наброс эмульсии на киноплёнку	Обработка велась в неисправной проявочной машине
54	Надкол перфорации	а) Съемочный аппарат неисправен, б) см. 3
55	Нерезкое изображение по всему кадру	а) Неправильная наводка объектива, б) съемка происходила с запотевшим объективом, в) неправильная шкала наводки, г) съемочный аппарат вибрировал, д) съемка велась через недоброкачественный светофильтр или другую насадку
56	Неустойчивое изображение	а) Съемка с рук при неустойчивом положении, б) съемочный аппарат неисправен, в) см. 7, 8
57	Одноцветные детали воспроизведены разным цветом	а) Киноплёнка разбалансирована, б) нарушен баланс во время обработки, в) объект освещался разными источниками света
58	Одноцветное или двухцветное изображение	Съемка велась с непригодным светофильтром на объективе
59	Ореолы в кадре	а) Яркий источник света попал в поле зрения объектива, б) рефлектирующие объекты снимались без поляризационного светофильтра, в) съемка в интерьере против света

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
60	Осадки на кинолентке	а) Белые, серые, матовые до зернистого — кальциевая сетка при использовании для растворов или промывки жесткой воды, б) желтовато-белые или белесовато-серые являются следами серы, алюминия и других веществ, выпавших из неправильно составленных растворов или долго стоявших открытыми при повышенной температуре, в) коричневые с металлическим блеском, часто слизистые, появляются в том случае, если обработка велась в растворе, на поверхности которого образовалась тонкая пленочка из продуктов окисления или если раствор заражен микроорганизмами, г) серебристые поблескивающие при обработке в растворах, содержащих серебро, д) серые со слабым металлическим блеском — при обработке в проявителе, содержащем растворители серебра
61	Плотное изображение	а) Завышенная экспозиция при съемке, б) перепроявление кинолентки
62	Плотность изображения меняется в одном фрагменте	а) Нестабильное освещение объекта, б) нестандартная скорость движения кинолентки в съемочном аппарате, в) на обрабатываемую кинолентку во время проявления изредка действовал белый свет, г) см. 5
63	Плотность изображения меняется через одинаковые промежутки	а) Мало заметные уплотнения из-за очень короткой остановки проявочной машины, б) сильно заметные уплотнения из-за действия света во время проявления, в) см. 51
64	Плотность или цвет в рулоне кинолентки периодически изменяется	а) Остановка проявочной машины во время проявления, б) засветка во время проявления, в) см. 5
65	Плохая сохраняемость изображения	Неполное фиксирование и промывание кинолентки

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
66	Повышенное по плотности изображение при правильной экспозиции	а) Завышенное проявление, б) повышенная температура проявителя или большая концентрация раствора
67	По краям кадра — изображение пониженной плотности	а) Съемка со слишком узкой или длинной блендой, б) съемка объективом с очень коротким фокусным расстоянием, в) объектив был прикрыт посторонним предметом
68	Полосы светлые под плотными деталями (факелы-столбы)	Эффекты проявления
69	Полосы темные под светлыми деталями (факелы-столбы)	Эффекты проявления
70	Полосы тонкие и светлые	Пузырьки воздуха скользили по светочувствительному слою во время проявления
71	Полосы черные продольные	а) Устье кассеты было загрязнено или имело заусеницы, б) фильмовый канал имел нагар или заусеницы, в) неаккуратно перематывалась кинолентка
72	Недостаточная плотность изображения при правильной экспозиции	Недопроявление кинолентки
73	Пропуск изображения во фрагменте	а) Съемочный аппарат неисправен, б) см. 19
74	Пузырьки мелкие, частично лопнувшие	а) Обработка в очень кислом растворе после проявления, без достаточной промывки, б) см. 16
75	Пятна в виде звезды на изображении	Объектив чрезмерно диафрагмирован при съемке против источника света
76	Пятна в кадре от солнца или сильного источника света	Во время съемки боковой свет источника попал в объектив
77	Пятна глянцево-белые на эмульсионном слое	При сушке эмульсионный слой склеился с подложкой
78	Пятна мелкие в виде сот	а) К светочувствительному слою при проявлении прилипли пузырьки воздуха, б) возникло выделение газа при обработке в растворах, разных по среде, в) см. 16
79	Пятна мелкие и светлые с темным окаймлением — кратерообразные, напоминающие раковины	а) Недостаточная промывка между энергичным проявителем и кислым фиксажем, б) завышенное количество тиосульфата в растворе, в) разрушение бактериями или насекомыми

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
80	Пятна светлые	а) Конденсат при переносе киноплёнки с мороза в теплое помещение, б) брызги масла от чрезмерно смазанного съёмочного аппарата
81	Пятна светлые с темной каймой	Капли воды попали на сухой слой
82	Пятна прозрачные	Брызги фиксажа попали на светочувствительный слой до проявления
83	Пятна темные	Брызги проявителя попали на светочувствительный слой до обработки киноплёнки
84	Пятна цветные	а) Голубые, фиолетовые и коричневые от соприкосновения киноплёнки при обработке с железом, б) грязно-фиолетовые и серо-коричневые с серебристым оттенком от недостаточного фиксирования или обработки в растворе, содержащем много серебра, в) зеленоватые — от испорченного дубящего фиксажа, г) желтые и коричневые с серебристым оттенком от недостаточного фиксирования при слипании киноплёнок, от неполного фиксирования и промывания во время хранения киноплёнки, д) ржавые от металлических скрепок, соединявших киноплёнку во время обработки в растворах
85	Пятно в виде дуги на изображении	При контрольном освещении лучи попали на край объектива
86	Рабочий негатив проявлен иначе, чем задано	а) Неправильно определено значение контрастности киноплёнки, б) ошибка при установке продолжительности обработки на проявочной машине,
87	Разноплотные изображения в рулоне Разноцветное изображение в одном фрагменте	в) растворы нестандартны Сильное различие объектов по освещенности а) Нестабильное по составу освещение объекта, б) неравномерное проявление, в) см. 5
89	Разрушение скрытого изображения — фоторегрессия	а) Долгое хранение экспонированной киноплёнки, б) на экспонированную киноплёнку действовал влажный и теплый воздух, в) не применялись влагопоглощающие вещества и специальная упаковка при хранении экспонирован-

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
90	Разрыв негатива	ной киноплёнки в неблагоприятных условиях а) Склейка недоброкачественным клеем, б) плохо зачищены края у склеиваемых киноплёнок, в) очень широкая склейка
91	Разрыв перфораций	а) Съёмочный аппарат неисправен, б) см. 8, 11, 28
92	Резкое и многократно повторяющееся изменение плотности или цвета — мигание	а) Съёмочный аппарат неисправен, б) остановка проявочной машины, в см. 5, 6
93	Резкость неодинакова у равноудалённых деталей объекта	Внутрикадровая экспозиция неправильно
94	Рулон имеет форму многогранника	Пересушена киноплёнка
95	Следы залившей царпины	а) Съёмочный аппарат неисправен, б) проявочная машина неисправна
96	Следы зубьев барабана	Съёмочный аппарат неправильно заряжен
97	Следы капель воды	а) Плохая работа влагоснимателей проявочной машины, б) промывка в жесткой воде, в) перед сушкой киноплёнка не обрабатывалась в смачивателе
98	Следы противоореального слоя на подложке	а) Недоброкачественный размачивающий раствор, б) аппликаторное устройство для снятия противоореального слоя неисправно, в) см. 26
99	Точки мелкие, резко шероховатые на ощупь	Фотографический слой при сушке засорен пылью
100	Царпина сухая	Неаккуратная работа с негативом при подготовке к печатанию, во время монтажа или при перемотке
101	Фотографический слой имеет мелкие трещины — ретикуляция	а) Большая разница в температуре обрабатываемых растворов, б) киноплёнка долго промывалась в холодной воде, в) сушка при очень высокой температуре, г) на теплый фотографический слой действовали холодной струей воздуха
102	Фотографический слой пузырится	Промывка в мягкой воде
103	Фотографический слой расплавился	а) Обработка велась при очень высокой температуре растворов или воздуха, б) мокрая киноплёнка оставлена в сушильном шкафу, в который подается теплый воздух

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
104	Фотографический слой хрупкий	а) Фотографический слой обезвожен из-за пересушивания, б) см. 11
105	Фотографический слой частично отслаивается	Проявочная машина неисправна

если переснять или исключить изображение невозможно, то приходится использовать бракованный материал. Кроме того, в забракованном негативе, представляющем собой целый сценарный фрагмент, могут оказаться отдельные участки без дефекта.

Если забракованный негатив может быть исправлен, его подвергают соответствующей обработке, затем вновь контролируют.

Обнаруженные дефекты в негативе регистрируют в журнале или в карте данного фильма.

В табл. 11 приведены виды дефектов в негативе и вероятные причины их возникновения.

Негатив — исходный материал для тиражирования фильма, поэтому оператор должен стремиться к тому, чтобы негатив имел запас изобразительной прочности, обеспечивающий доброкачественное тиражирование фильма по разным технологическим процессам.

Позитивный процесс — процесс получения позитивного изображения, в котором шкала плотностей соответствует шкале яркостей объекта съемки. В позитиве черно-белое изображение образовано металлическим серебром, а цветное — красителями: желтым, пурпурным и голубым, создающими изображение, которое по цвету подобно объекту съемки.

Позитивный процесс включает в себя печатание негатива на позитивную киноплёнку, ее фотографическую обработку и контроль позитива. Этот процесс является заключительным звеном двухстадийного негативно-позитивного процесса.

§ 23. Позитивные киноплёнки

Черно-белые позитивные киноплёнки чувствительны к излучениям до 480 нм.

Черно-белые позитивные киноплёнки изготавливают со следующими характеристиками: светочувствительность — 2,8—5,5 ед. ГОСТ; контрастность рекомендуемая — 2,6; контрастность при 4-минутном проявлении — 2,8 — 3,2; разрешающая способность — не менее 108 мм⁻¹; плотность вуали — не более 0,04; максимальная плотность на прямолинейном участке — не менее 3,0; фотографическая ширина — 0,9—1,2; температура плавления эмульсионного слоя — не менее 70°C; прочность эмульсионного слоя — не менее 250 г; ударная прочность при 40°C — не менее 50 кгс·см/см²; усадка — не более 0,4%.

В табл. 12 приведены характеристики некоторых черно-белых позитивных киноплёнок.

Цветные позитивные киноплёнки изготавливают двух видов: киноплёнки с классическим строением — наружный светочувствительный слой этих киноплёнок чувствителен к синей части спектра, средний — к зеленой и нижний — к красной зонам спектра (см. рис. I.3); и киноплёнки со специальным строением (рис. IV.1); наружный светочувствительный слой чувствителен к зеленой части спектра, средний — к красной и нижний — к синей зонам спектра. Эти киноплёнки называют также киноплёнками с перемещенными слоями.

Черно-белые позитивные киноплёнки

Производитель	Название киноплёнки	Вид изображения
Отечественное	M3-3 M3-3M	Позитив с негатива и контратипа, нормального контраста Позитив с магнитной дорожкой, с негатива и контратипа
ORWO	Positiv PF-2 Positiv PF-3	Позитив с негатива и контратипа, нормального контраста Позитив с негатива и контратипа, пониженного контраста
Kodak	Release Positive 5302 7302 Direct MP Film 5360 7360 Reversal Duplicating 7622	Позитив с негатива и контратипа, нормального контраста Позитив с негатива и контратипа, пониженного контраста Обращенный позитив с обращенного позитива
AGFA-GEVAERT	Gevachrome Print 780 Gevachrome Print 903	Позитив с негатива и контратипа, нормального контраста Позитив с негатива и контратипа, повышенного контраста
FUJIFILM	Positive Printing Reversal	Позитив с негатива и контратипа, нормального контраста Обращенный позитив с обращенного позитива

Спектральная чувствительность слоев ограничена узкой зоной спектра, чтобы негативные изображения печатались строго раздельно, причем каждое в определенном слое позитивной киноплёнки. При проявлении киноплёнки в слоях должны образовываться частичные позитивные изображения из красителей, поглощающих по одной трети спектра. Эти красители могут создаваться из недиффундирующих или из защищенных краскообразующих компонент.

Большинство цветных позитивных киноплёнок имеет защитный слой, защищающий наружный светочувствительный слой от механических повреждений, два промежуточных слоя, препятствующих диффузии краскообразующих компонент в светочувствительные слои и могущих загрязнить частичные изображения; подслоя, сцепляющий нижний светочувствительный слой с подложкой; противоореольный слой из красителя или сажи, предохраняющий от возникновения ореола отражения.

Есть цветные позитивные киноплёнки без промежуточных слоев. У этих киноплёнок так подобраны краскообразующие компоненты, что исключается возможность между-слойных загрязнений. Повышенная резкость достигается применением очень тонкого зеленочувствительного слоя (4,2 мкм), образующего пурпурное изображение, которое больше, чем два других, определяет впечатление о резкости цветного изображения.

Киноплёнки с классическим строением имеют ограниченное применение, так как по резкости получаемого изображения уступают киноплёнкам со специальным строением.

Важными показателями, характеризующими цветные позитивные киноплёнки, являются контрастность и баланс контрастности. Эти показатели влияют на градиционные и цветоделительные свойства киноплёнок. Очень высокая контрастность позитивных киноплёнок ограничивает воспроизводимость деталей средней и малой яркости, поэтому необходимо весьма точно экспонировать негатив во время его печатания. Качество позитива зависит и от формы характеристической кривой позитивной киноплёнки. Установлено, что в построении изображения принимает участие помимо прямолинейного участка и начальный — криволинейный. Удлинение этого участка способствует воспроизведению деталей средней и малой яркости объекта. Разумеется, форма характеристических кривых, в том числе и начальных криволинейных, должна быть одинаковой. Однако чрезмерное удлинение начального криволинейного участка, как и его отсутствие, может отрицательно сказаться на качестве изображения. Поэтому при оценке позитивной киноплёнки целесообразно определять полезный интервал плотностей ($\Delta D\bar{g}$) и средний градиент ($\bar{g}$).

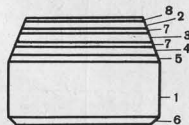


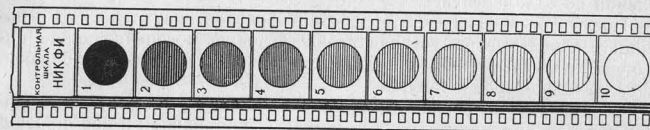
Рис. IV.1. Строение цветной позитивной киноплёнки: 1 — подложка, 2 — зеленочувствительный слой, 3 — красочувствительный слой, 4 — синечувствительный слой, 5 — подложка, 6 — противоореольный слой, 7 — промежуточные защитные слои, 8 — наружный защитный слой

Цветные позитивные киноплёнки

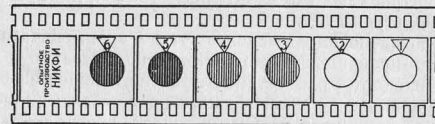
Производство	Наименование киноплёнки	Вид изображения
Отечественное	ЦП-8Р	Позитив с негатива и контратива нормального контраста
	ЦП-11	Позитив с негатива и контратива повышенной резкости
	ЦО-6	Позитив с обращенного позитива
ORWO	Positiv PC-7	Позитив с негатива и контратива нормального контраста
Kodak	Print Film	Позитив с негатива и контратива нормального контраста
	SP Print Film	Позитив с негатива и контратива повышенного контраста
	TV Print Film	Позитив с негатива и контратива пониженного контраста
	R Print Film	Обращенный позитив с обращенного позитива
	Print Film	Обращенный позитив с обращенного позитива
	VN Print Film	Обращенный позитив с обращенного позитива
AGFA-GEVAERT	Print Film	Позитив с негатива и контратива нормального контраста
	Print Film	Позитив с негатива и контратива повышенного контраста
FUJIFILM	Positive	Позитив с негатива и контратива нормального контраста

Киноплёнки, на которых печатают позитивы для показа по телевидению, имеют контрастность, пониженную на 15% в области малых и на 30% — в области больших плотностей.

Отечественная цветная позитивная киноплёнка ЦП-11 имеет следующие характеристики: светочувствительность — 0,75 ед. ГОСТ; баланс светочувствительности — не более 2,0; коэффициент контрастности — $3,0 \pm 0,3$; баланс контрастности — не более 0,40; средний градиент — $1,9 \pm 0,2$; баланс по среднему градиенту — не более 0,30; оптическая плотность вуали для каждого из слоев — не более 0,15;



а



б

Рис. 4V.2. Контрольная шкала для кинозного фотографического контроля: а — для черно-белого изображения, б — для цветного изображения

максимальная оптическая плотность на прямолинейном участке характеристической кривой — не менее 3,0; гранулярность за зеленым светофильтром — не менее 1,0, за красным светофильтром — не менее 1,3; частотно-контрастная характеристика зеленочувствительного слоя — не менее 0,75, красночувствительного слоя — не менее 0,4; температура плавления светочувствительного слоя — не менее 50°; ударная прочность при 40°C — не менее 50 кгс·см/см³; усадка — не более 0,4%; скручиваемость — не более 3,5 мм.

В табл. 13 даны характеристики цветных позитивных киноплёнок. Цветные позитивные киноплёнки принято нормировать, особенно когда они различны по светочувствительности или балансу светочувствительности. Под нормированием понимают подбор условий специального экспонирования во время печатания, приводящих разные типы или партии позитивных киноплёнок к одинаковым значениям по светочувствительности и по балансу светочувствительности. Эти условия действительны только для тех копировальных аппаратов и процессов в проявочных машинах, для которых они подобраны.

Для нормирования отбирают от каждого типа или партии по одной коробке киноплёнки. Образцы из отобранных коробок склеивают в рулон. Затем на образцах печатают внутрикадровую или покадровую контрольную шкалу (рис. IV.2). Печатание ведут со стандартными экспозициями копировального аппарата.

Контрольные шкалы снимают на негативных киноплёнках того же вида, что и киноплёнка, на которую производилась съёмка фильма и с которой будет изготовлен позитив на нормированной позитивной киноплёнке. Для контрольных шкал обязательно их правильное экспонирование при съёмке и доброкачественность негативных киноплёнок по балансу.

После фотографической обработки образцов визуально или с помощью денситометра устанавливают условия, обеспечивающие получение позитива контрольной шкалы заданной плотности и близкой к нейтрально-серому тону.

Специальную экспозицию (общую и спектральную), приводящую разные типы или партии позитивных киноплёнок к нормированной, принято называть балансной. Эту экспозицию в разных копировальных аппаратах осуществляют различно, например дозированием спектральных зон печатающей лампы, диафрагмами с цветными светофильтрами и т. д.

Балансную экспозицию используют во время печатания изображения на нормированные киноплёнки, дополнительно к цвето-экспозиционному паспорту, рассчитанному на негативное изображение.

При нарушении технологического позитивного процесса, как-то: изменении спектрального излучения печатающего света или уровня освещённости в копировальном аппарате, изменении состава проявителя или режима проявления и т. д.— балансная экспозиция также изменяется.

§ 24. Копировальный аппарат

Печатание изображения осуществляют на копировальном аппарате. Многочисленные копировальные аппараты различают по способу печатания, транспортированию киноплёнок и экспонированию во время печатания.

Способ печатания может быть контактным и оптическим.

При контактном печатании фотографический слой негативной киноплёнки плотно прижат к светочувствительному слою позитивной киноплёнки. Контакт между киноплёнками обеспечивается прижимными устройствами механического, пневматического или электромеханического типов. Контактное печатание всегда даёт изображение в масштабе 1:1. Этот способ печатания прост, мало изнашивает негатив, так как слои киноплёнок защищают друг друга.

При оптическом печатании негативное изображение проецируется объективом на светочувствительный слой позитивной киноплёнки, расположенной на некотором расстоянии от негатива. Оптическое печатание позволяет изменять масштаб, т. е. получать увеличенные или уменьшенные изображения по сравнению с негативом.

Транспортирование киноплёнок может быть прерывистым и непрерывным.

В копировальных аппаратах с прерывистым передвижением киноплёнок происходит покадровое печатание изображения. Транспортирование киноплёнок происходит с помощью рейфферных или мальтийских механизмов. Негатив и позитивная киноплёнка в момент печатания неподвижны в экспозиционном окне аппарата, во время перерыва в экспонировании киноплёнки перемещаются на один кадр. Передвижение киноплёнок и экспозиция имеют регулярно повторяющийся прерывистый характер. Поток экспонирующего света в период передвижения киноплёнок перекрывается obturatorом.

Для достижения высокой точности фиксации обеих киноплёнок в копировальных аппаратах применяют контргрейферный механизм, исключающий смещение киноплёнок относительно друг друга.

В копировальных аппаратах с непрерывным движением киноплёнок их транспортирование производится зубчатым барабаном, между ребордами которого экспонирующий свет проходит к окну-щели. Шаг барабана рассчитан на шаг перфорации киноплёнки с нормированной усадкой. Однако из-за различия усадок у обработанной киноплёнки (негативной) и необработанной (позитивной) и разного расположения зубьев на барабане всегда имеет место проскальзывание киноплёнок во время экспонирования, что приводит к некоторой потере резкости изображения.

Контакт киноплёнок на зубчатом барабане у экспозиционного окна-щели достигается за счёт их натяжения специальными роликами или другими подобными устройствами.

Экспонирование во время печатания осуществляется различными светооптическими системами.

Светооптические системы рассчитывают так, чтобы освещённость в экспозиционном окне копировального аппарата обеспечивала экспозицию, достаточную для получения изображения на киноплёнках с наименьшей светочувствительностью. Освещённость зависит и от производительности копировального аппарата. Чем она больше, тем выше должна быть освещённость в экспозиционном окне. Также обязательным требованием к светооптической системе является равномерное и постоянное освещение экспозиционного окна.

Равномерность освещения экспозиционного окна достигается применением специальных оптических устройств или установкой в световой поток рассеивающих сред, например матового стекла.

Постоянство освещённости экспозиционного окна обеспечивается электропитанием лампы через стабилизатор напряжения. Изменение освещённости может быть вызвано тем, что в процессе горения лампы происходит распыление вольфрамовой нити и осаждение ее частиц на колбе. В результате падает освещённость и меняется состав излучения. Чтобы лампа работала устойчиво, ее до установки в копировальный аппарат подвергают предварительному отжигу. Разумеется, что лампа должна быть точно установлена относительно оптической системы осветителя. На рис. IV.3, приведено несколько светооптических систем.

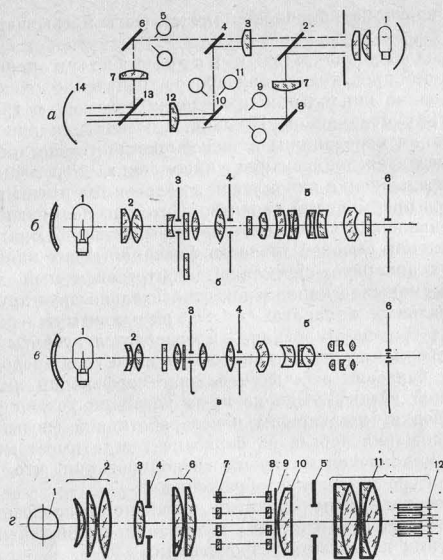


Рис. IV.3. Светооптические системы копировальных аппаратов: а — для контактного печатания с непрерывным движением киноплёнок; 1 — источник света; 2 — интерференционный светофильтр, отражающий красные и пропускающий зелёные и синие лучи; 3 — линза; 4 — интерференционный светофильтр, отражающий зелёные лучи; 5 — световой клапан, регулирующий дозу экспозиции; 6 — интерференционный светофильтр, отражающий синие лучи; 7 — линза; 8 — интерференционный светофильтр, отражающий красные лучи; 9 — световой клапан, регулирующий дозу экспозиции; 10 — интерференционный светофильтр, отражающий зелёные лучи; 11 — световой клапан, регулирующий дозу экспозиции; 12 — линза; 13 — интерференционный светофильтр, отражающий дозированных лучи; 14 — экспозиционное окно; б — для оптического печатания в масштабе 1:1; 1 — источник света; 2 — конденсор; 3 — канал для экспозиционного паспорта; 4 — экспозиционное окно для негатива; 5 — объектив; 6 — экспозиционное окно для позитивной киноплёнки; в — для оптического печатания с 35-мм киноплёнкой на 32-мм киноплёнку (2х16); 1 — источник света; 2 — конденсор; 3 — канал для экспозиционного паспорта; 4 — экспозиционное окно для негатива; 5 — объектив; 6 — экспозиционное окно для позитивной киноплёнки; 7 — осветительные линзы; 8 — вспомогательные линзы; 9 — экспонирующая поверхность; 10 — меккоформатный изображений (4х6); 11 — источник света; 12 — конденсор; 13 — линза; 14 — канал для экспозиционного паспорта; 15 — экспозиционное окно для негатива; 16 — экспозиционное окно для позитива; 17 — экспозиционное окно для позитивной киноплёнки

В копировальных аппаратах есть устройства, регулирующие экспозицию и, если нужно, спектральный состав света в экспонирующем окне. Эти устройства называют паспортными механизмами. Они различны по конструкции и по минимальному времени, в которое возможно установление экспозиции для печатания изображения. Паспортные механизмы относятся к наиболее важным узлам копировального аппарата, от них в значительной степени зависит работа копировального аппарата и процесс печатания изображения.

Изменение экспозиции в окне копировального аппарата может быть механическим и электрическим.

При механическом регулировании световой пучок, освещающий экспозиционное окно копировального аппарата, диафрагмируют различными устройствами: круглыми отверстиями, специальными клапанами и т. д.

При электрическом регулировании происходит изменение яркости лампы путем подключения сопротивления к ее клеммам. При изменении накала нити лампы одновременно с яркостью меняется и спектр излучения, что недопустимо для печатания на цветные киноплёнки. Поэтому электрическое регулирование экспозиции применяют крайне редко.

Количество возможных экспозиций в копировальном аппарате составляет 20 и больше ступеней. Величина, на которую изменяется экспозиция при переходе от одной ступени к другой, называется модулем экспозиций и обычно равна 10—15%.

В копировальных аппаратах с прерывистым движением киноплёнок смена экспозиций происходит в момент, когда световой поток перекрыт obturatorом, поэтому переключение экспозиции незаметно на изображении.

В копировальных аппаратах с непрерывным транспортированием киноплёнок переключение экспозиций происходит во время их движения. Поэтому участок киноплёнки, на котором происходило переключение экспозиции, по плотности изображения отличается от нормально экспонированного. Чем быстрее срабатывает паспортный механизм, тем меньше оказывается кадров с неправильно экспонированным изображением. Эти изображения заметны при проекции фильма и мешают зрительному восприятию.

Экспозиции в копировальных аппаратах можно устанавливать в различных сочетаниях и неограниченное количество раз. Переключение экспозиций в одних аппаратах возможно через 6—9 кадров, в других — через 1—2 кадра и т. д.

Регулирование спектра излучения при печатании цветных изображений возможно двумя способами: аддитивным и субтрактивным.

При аддитивном способе в экспозиционное окно копировального аппарата направлено три зональных потока (синий, зелёный и красный), которые смешиваются во время экспонирования киноплёнки. Зональные потоки создаются различно. Наиболее часто с помощью интерференционных светофильтров. Они изготавливаются путем нанесения тонких диэлектрических покрытий с контролируемыми параметрами. Эти светофильтры почти не обладают собствен-

ным поглощением света, вследствие чего их коэффициент полезного действия заметно выше, чем у абсорбционных — из окрашенного стекла. Многослойное покрытие обеспечивает заданный ход кривой спектрального пропускания легче по сравнению со стеклянными светофильтрами, окрашенными в массу, из-за ограниченного количества возможных вариантов красителей для последних. Для интерференционных светофильтров могут быть использованы термостойкие стеклянные подложки, обеспечивающие большой срок их службы.

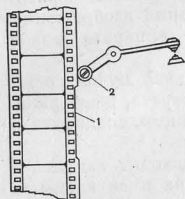


Рис. IV.4. Схема действия боковой просечки на киноленте для переключения экспозиции в копировальном аппарате: 1 — боковая просечка на киноленте, 2 — щуп датчика переключателя в फिल्मовом канале копировального аппарата

Интерференционные светофильтры создают стабильный по спектральному составу свет и обеспечивают высокое качество цветопередачи на киноленте. Спектральный состав света определяется долей каждого зонального потока до их смещения. Доля участия управляется специальным устройством, устанавливаемым в зональном потоке. Изменение каждой экспозиции происходит точно и в очень короткие промежутки времени, ступенчато по логарифмическому закону.

При субтрактивном способе регулирования спектрального состава света осуществляется введением в световой поток пленочных светофильтров (желтого, пурпурного и голубого). Они недостаточно светопрозрачны и часто бывают нестандартными по плотности и цвету.

Паспортные механизмы могут быть с автоматическим, полуавтоматическим и ручным управлением.

Паспортный механизм с автоматическим управлением имеет программное устройство. Оно состоит из датчика импульсов, включающего механизм в конце печатаемого фрагмента, и узла, скачкообразно передвигающего экспозиционный паспорт. Датчики импульсов весьма различны. Во многих копировальных аппаратах датчики установлены в फिल्मовом канале (рис. IV. 4) и рассчитаны на боковые просечки, сделанные на негативе. Просечки на участке склейки двух фрагментов ослабляют склейку, так как край кинолентки оказывается срезаемым у самой перфорации. В результате края кинолентки легко повреждаются и вызывают неправильное срабатывание датчиков, что в свою очередь приводит к сбою экспозиционного паспорта.

Существует много способов, исключающих необходимость вырубать боковые просечки на негативе. Например, делать просечки на кинолентке с фонограммой, на специальной сопроводительной ленте, или получать импульсы, создаваемые фотоэлементом, магнитной приставкой и другими приспособлениями, срабатывающими от отметок на кинолентке, с которой печатается изображение.

Экспозиционный паспорт представляет собой программную ленту, подобную перфокартам, применяемым в счетно-решающих машинах. На ленте зафиксированы в должной последовательности величины экспозиций для печатания каждого фрагмента фильма. Вид

паспорта обуславливается конструкцией программного устройства в копировальном аппарате. Большинство паспортов регулирует не только экспозицию, но и спектральный состав печатающего света. Наиболее распространенные экспозиционные паспорта приведены на рис. IV.5.

Программная лента в паспортном механизме копировального аппарата обеспечивает режим экспонирования каждого фрагмента.

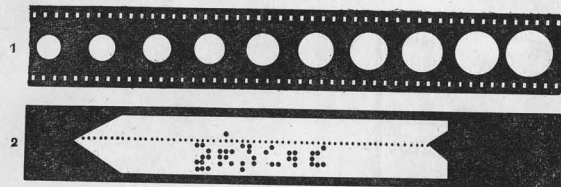


Рис. IV.5. Экспозиционные паспорта копировальных аппаратов: 1 — диафрагменный, 2 — цифровой

После того как фрагмент напечатан, лента автоматически перемещается и устанавливает экспозицию для следующего фрагмента. Обычно паспорт после окончания печатания всего изображения останавливает работу копировального аппарата.

Есть приборы, с помощью которых можно пересчитать и изготовить вместо аддитивного паспорта субтрактивный и наоборот.

В копировальных аппаратах с полуавтоматическим регулированием экспозиций переключение их происходит во время движения киноленток. В этом случае по звуковому или какому-либо другому сигналу, подаваемому заблаговременно датчиком, устанавливают необходимую экспозицию для печатания фрагмента. Полуавтомат срабатывает в момент перехода от одного фрагмента к другому и обеспечивает нужное экспонирование изображения.

Копировальные аппараты с ручным регулированием экспозиций обычно имеют сменные диафрагмы, устанавливаемые в светооптической системе.

Копировальные аппараты с полуавтоматическим и ручным регулированием экспозиций применяют редко, например для печатания с выравненных по плотности и цвету контратипов.

Различные сочетания способов печатания, транспортирования киноленток и регулирования экспозиций позволили создать четыре типа копировальных аппаратов.

1. Аппараты с контактным печатанием при прерывистом передвижении киноленток, например копировальный аппарат 25НКТ-1 (рис. IV. 6). Негатив и позитивная кинолентка вытягиваются из кассет посредством зубчатого барабана и, образуя свободную петлю, поступают в фильм-канал с экспозиционным окном. Кинолентки

в фильмовом канале передвигаются прерывисто посредством грейфера. Хрусталик, установленный в пульсирующей рамке, обеспечивает контакт киноплёнок в момент печатания изображения. Экспонирование производится лампой накаливания через матовое стекло или светооптическую систему. Обтюратор служит для перекрытия светового потока во время смены кадров. После фильмового канала киноплёнки, образуя свободную петлю, с помощью барабана наматываются на разные приемные кассеты.

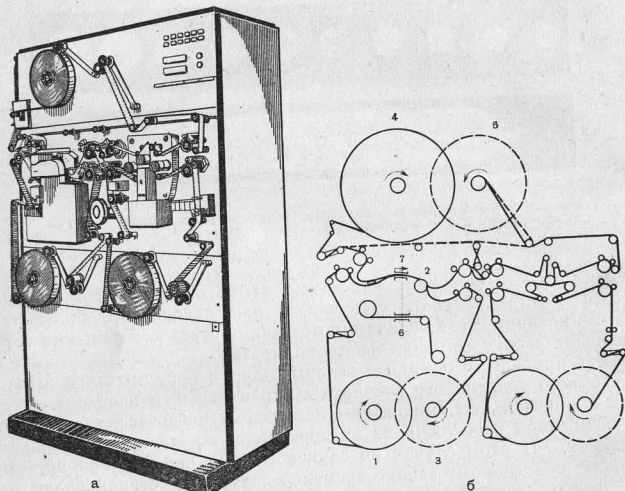


Рис. IV.6. Общий вид копировального аппарата 25HTK-1 (а) и его схема (б) для контактного печатания с прерывистым движением киноплёнок и с аддитивным регулированием экспозиций: 1 — подающая кассета для негатива, 2 — барабан мальтийского креста, 3 — принимающая кассета для негатива, 4 — подающая кассета для позитивной киноплёнки, 5 — принимающая кассета для позитивной киноплёнки, 6 — канал для экспозиционного паспорта, 7 — экспозиционное окно

2. Аппараты с контактным печатанием при непрерывном движении киноплёнок. К ним относятся копировальные аппараты: 12Р-23 и фирмы Bell & Howell (рис. IV. 7 и IV.8). Негатив и позитивная киноплёнка зубчатыми барабанами вытягиваются из кассет и через натяжные и направляющие ролики поступают на барабан со щелью, через которую происходит экспонирование изображения лампой накаливания, являющейся частью светооптической системы. С помощью направляющих роликов и зубчатых барабанов киноплёнки после экспонирования наматываются на принимающие кассеты. Контакт киноплёнок обеспечивается различными способами: например,

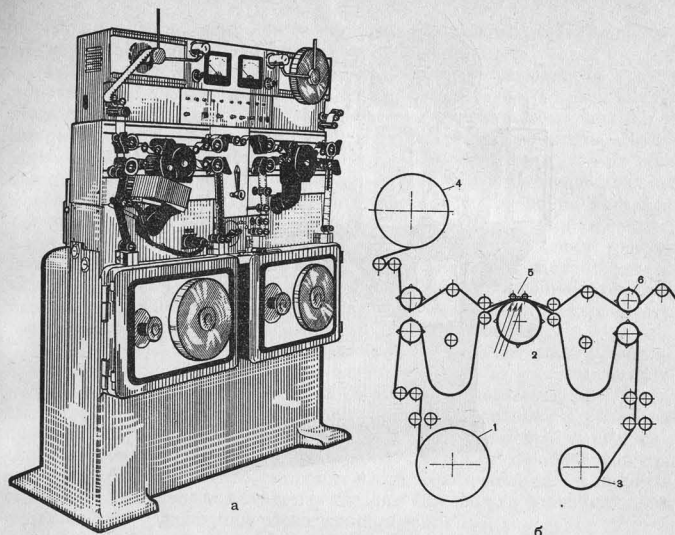


Рис. IV.7. Общий вид копировального аппарата 12Р-23 (а) и его схема (б) для контактного печатания с непрерывным движением киноплёнок и с аддитивным регулированием экспозиций: 1 — подающая кассета для негатива, 2 — экспонирующий барабан, 3 — принимающая кассета для негатива, 4 — подающая кассета для позитивной киноплёнки, 5 — контактирующее устройство экспонирующего барабана, 6 — барабан, направляющий позитивную киноплёнку в принимающую кассету

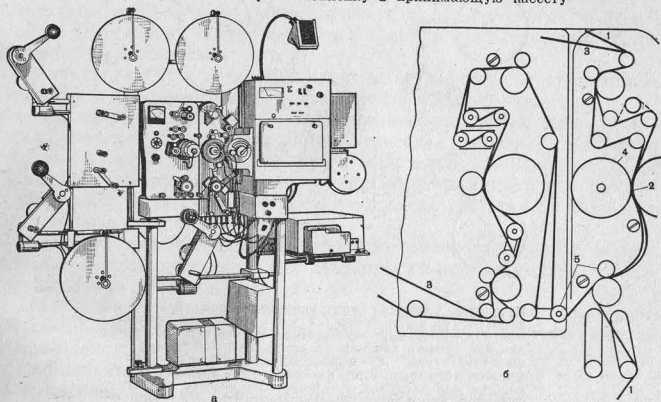


Рис. IV.8. Общий вид копировального аппарата Bell & Howell (а) и его схема (б) для контактного печатания с непрерывным движением киноплёнок и с аддитивным регулированием экспозиций: 1 — негативная киноплёнка, 2 — экспонирующий барабан, 3 — позитивная киноплёнка, 4 — контактирующее устройство экспонирующего барабана, 5 — барабаны, направляющие позитивную киноплёнку для печатания фонограммы

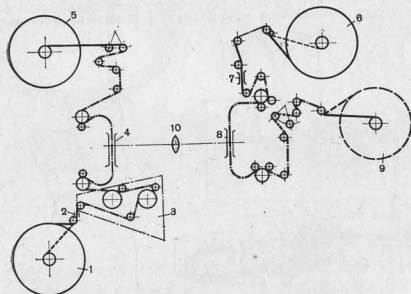
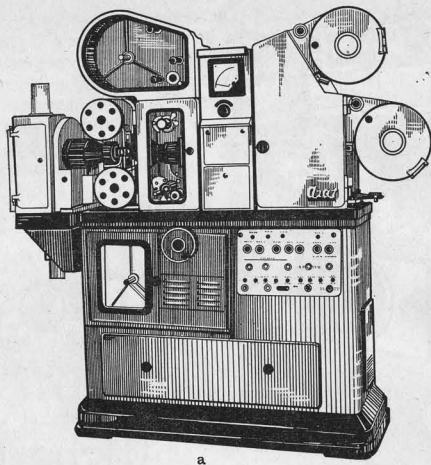


Рис. IV.9. Общий вид копировального аппарата 23ЛТО-1 (а) и его схема (б) для оптического печатания с прерывистым движением киноленок: 1 — подающая кассета для киноленки с изображением, 2 — пылеочиститель, 3 — иммерсионная приставка, 4 — фильм канал для негатива, 5 — принимающая кассета для негатива, 6 — подающая кассета для позитивной киноленки, 7 — пылеочиститель, 8 — фильм канал для позитивной киноленки, 9 — принимающая кассета для позитивной киноленки, 10 — оптическая система

натяжением обеих киноленок специальными барабанами, прижимными роликами, пневматическими устройствами и т. д.

3. Аппараты с оптическим печатанием при прерывистом транспортировании киноленок, например аппарат 23ЛТО-1 (рис. IV.9). Негатив посредством зубчатого барабана вытягивается из кассеты и направляется в фильм канал с экспонирующим окном. Позитивная киноленка с помощью зубчатого барабана движется из кассеты к экспонирующему окну фильмового канала в противоположном направлении по отношению к негативу. Экспонирование негатива происходит светооптической системой, имеющей лампы и объектив, который обеспечивает получение оптического изображения требуемого размера. Обтюратор во время перехода киноленок от одного кадра к другому перекрывает световой поток. Важнейшее условие работы такого копировального аппарата — это строгая синхронность грейферных механизмов в обоих фильмовых каналах.

4. Аппараты с оптическим печатанием при непрерывном движении киноленок. С помощью зубчатого барабана из кассеты негатив направляется в фильм канал со щелью, через которую ведется экспонирование изображения. Позитивная киноленка из кассеты зубчатым барабаном направляется во второй фильмовый канал, где она и экспонируется. Печатание осуществляется светооптической системой с объективом и источником света. Копировальные аппараты этого типа применяются крайне редко, так как сложно достичь полной синхронности в движении обеих киноленок.

Лампа или светооптическая система помещается в светонепроницаемый фонарь, являющийся частью копировального аппарата. При использовании мощного источника света применяют принудительное охлаждение. Почти во всех копировальных аппаратах параллельно с печатанием изображения можно печатать и фотографическую фонограмму. Печатание фонограммы ведется при непрерывном движении киноленок в аппарате.

В копировальных аппаратах с прерывистым транспортированием киноленок для печатания фотографической фонограммы предусмотрен специальный барабан. В копировальных аппаратах с непрерывным движением киноленок фотографическая фонограмма печатается на том же барабане, на котором печатается изображение.

Копировальные аппараты изготовляют двух типов: для работы в помещении, освещаемом неактивным для киноленок светом и для работы в светлом помещении.

Аппараты, рассчитанные на работу в светлом помещении, имеют светонепроницаемую камеру для лентопротяжного механизма, транспортирующего киноленки, и кассеты.

Многие копировальные аппараты снабжены блокировочными устройствами, предусматривающими автоматическую остановку аппарата при окончании печатаемого изображения, а также в случае обрыва киноленки, перегорания лампы, нарушения в зарядке и т. д.

Копировальные аппараты с оптическим печатанием предназначены для различных целей. С их помощью можно получать изображения в увеличенном или уменьшенном масштабе по сравнению с

изображением, с которого производится печатание; делать комбинированные изображения путем впечатаывания нескольких изображений; переводить изображение с одного формата кадра на другой с выбором по его полю; печатать изображение на обрабатываемую киноплёнку и т. д. Оснащая копировальный аппарат разными приспособлениями, можно анаморфированное изображение перевести на нормальное (дезанаморфировать), и наоборот; сделать затемнения с помощью obturator'a, изменяющего угол раскрытия во время печатания изображения; разложить или сократить количество кадров в позитиве по отношению к имеющимся кадрам в негативе; впечатать маски, каше и др.

Копировальные аппараты с оптическим печатанием нашли широкое применение при производстве разноформатных фильмов.

Многие копировальные аппараты, особенно используемые для перевода изображения с одного формата на другой, имеют приставки для иммерсионного печатания. При этом способе печатания на поверхность негативной киноплёнки наносится жидкость, показатель преломления которой близок к показателю преломления фотографического слоя и подложки. Жидкость образует однородную систему, благодаря которой царапины, потертости и другие дефекты на поверхности киноплёнки не пропечатываются. Изображение получается без дефектов, повышенной резкости, чистоты, лучше воспроизводит мелкие детали и с менее заметной зернистостью, чем напечатанное обычным способом.

Приставки устроены так, что жидкость равномерно смачивает киноплёнку до экспонирования. В качестве жидкостей используют тетрагидроэтилен, метилхлороформ или во время экспозиции декагидронафталин и др. Они токсичны и летучи, вследствие чего приставки сделаны герметичными, с устройствами, отсасывающими жидкость с поверхности киноплёнки после ее экспонирования. Киноплёнку, предназначенную для иммерсионного печатания, подвергают ультразвуковой очистке.

На предприятиях, занимающихся контратипированием изображений, промежуточные материалы всегда печатаются с иммерсионными приставками.

К наиболее сложным копировальным аппаратам с оптическим печатанием относятся аппараты для изготовления комбинированных изображений и других специальных способов печатания. Такие аппараты часто называют трюкмашинами. Они обычно состоят из одного или нескольких проекторов, используемых для проекции изображения, и киносъёмочного аппарата, который можно перемещать вниз, вверх, вправо и влево по отношению к проецируемому изображению. Между проекционными и съёмочными аппаратами помещены оптическая система и другие устройства. Этими копировальными аппаратами можно делать следующие работы: ускорять или замедлять движение в фильме путем уменьшения или увеличения количества кадров по отношению к оригиналу, с которого производится печатание; изменять направление движения объекта в кадре; наклонять, качать, вращать изображение; вводить в фильм затемнения,

наплывы, шторы и маски; впечатывать в кадр разные изображения; размножать один или несколько кадров; изменять характер изображения диффузионными, цветными и прочими светофильтрами и т. д.

Все копировальные аппараты в процессе их эксплуатации периодически проверяют на устойчивость изображения — качание кадра по вертикали и горизонтали, на резкость печатания, на отсутствие скользяния и т. п. Для этого на копировальном аппарате печатают специальные контрольные фильмы, изготовленные на безусадочной киноплёнке.

§ 25. Печатание

В процессе производства фильма изготовляют различные виды позитивов: рабочие, контрольные, промежуточные и эталонные.

Рабочий — позитив, сделанный с негатива, снятого в процессе работы по фильму. Рабочий позитив служит черновым материалом, который многократно просматривают и монтируют. Чтобы темп съёмки был ритмичным и съёмочная группа в случае необходимости могла внести коррективы в свою работу, рабочий позитив должен быть изготовлен в наикратчайший срок — желательно в промежуток времени между съёмками.

Контрольный — позитив, отпечатанный со смонтированного негатива изображения и негатива фонограммы, синхронных между собой. Контрольный позитив по изображению и звучанию должен отвечать художественному замыслу создателей фильма.

Промежуточный — позитив с негатива для изготовления комбинированных изображений, для печатания контратипов (стр. 174) и других подобных работ.

Эталонный — позитив, оптимальный по изготовлению и служащий образцом для производства фильмокопий (стр. 188).

При изготовлении любых видов позитивов необходимо корректирование или цветокорректирование.

Корректирование — определение экспозиции для печатания изображения. Доброкачественные негативы отдельных сюжетов часто оказываются различными по плотности. Даже тщательный экспонетрический расчёт во время съёмки и сенситометрический контроль технологии обработки киноплёнок не всегда могут обеспечить стандартность негативов по плотности.

Позитив, изготовленный с различных по плотности негативов, без соответствующих экспозиционных поправок при печатании, оказывается не выравненным по плотности. Эта пестрота в позитиве порождает впечатление о фильме и мешает нормальному восприятию его зрителем. Выравненный по плотности позитив получают путем подбора в копировальном аппарате экспозиций, корректирующих и выравнивающих плотности изображения. Этот процесс корректирования иногда называют установкой света.

Определение режима печатания позитива с черно-белого негатива возможно несколькими способами: по экспозиционным пробам с негатива, сделанным в киносенситометре; по экспозиционным про-

бам со срезок негатива, напечатанным в копировальном аппарате; по сопоставлению рабочего негатива с эталонными негативами и по визуальной оценке негатива.

Корректирование с помощью киносенситометра (рис. IV.10) позволяет получить с каждого фрагмента негатива ряд позитивов — экспозиционную пробу. По конструкции киносенситометры различны, многие из них приспособлены для работы в светлом помещении. Экспозиции в этих приборах регулируют барабанами с вырезами, серыми светофильтрами и другими способами. Экспозиции в киносенситометре строго согласованы с копировальным аппаратом, на котором производят печатание позитива. Обычно количество кадров в экспозиционной пробе вдвое меньше числа экспозиций копировального аппарата.

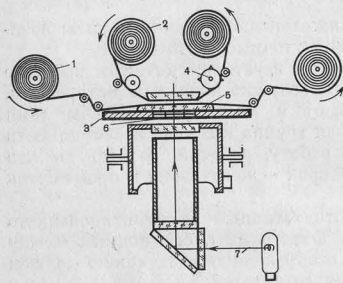


Рис. IV.10. Схема киносенситометра: 1 — негатив, 2 — позитивная киноплёнка, 3 — фильмовый канал, 4 — тянущий зубчатый барабан, 5 — экспозиционное окно, 6 — модулятор экспозиций, 7 — осветительное устройство

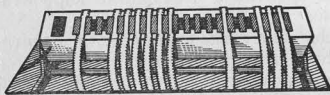


Рис. IV.11. Фонарь для просмотра экспозиционных проб

кой режим печатания, который позволит получить не только оптимальное изображение по каждому фрагменту, но и выравненный по плотности позитив. Киносенситометр упрощает операцию по определению режима печатания негатива и позволяет корректору установить режим печатания, не прибегая к повторному корректированию. Однако большого распространения прибор не получил, так как на изготовление экспозиционных проб требуется много времени.

Корректирование по экспозиционным пробам со срезок негатива, напечатанным в копировальном аппарате, ведут так: четырехкадровые и десятикадровые срезы разных по плотности негативов печат

тают при рабочих экспозициях копировального аппарата. До печатания срезы номеруют в порядке склейки негативов в рулон. Изготовление экспозиционных проб должно полностью соответствовать производственным условиям. По изображению в пробах корректор устанавливает экспозицию для печатания каждого рабочего негатива. При корректировании смонтированного негатива срезы от каждого фрагмента склеивают в рулон, называемый установочным роликом, в том порядке, в каком смонтирован негатив фильма. Этот ролик печатают в копировальном аппарате при рабочих экспозициях. После фотографической обработки ролика корректор определяет экспозицию для печатания каждого фрагмента, добиваясь нормального и ровного по плотности позитива по всему фильму. Чтобы правильно установить экспозицию для всех смонтированных негативов, установочный ролик корректируют несколько раз. Как правило, контрольный позитив, напечатанный на основании установочного ролика, требует дополнительного корректирования, так как срезы не всегда точно соответствуют основному негативу, смонтированному в фильм.

Корректирование негатива путем сопоставления с эталонными негативами, представляющими собой набор срезов различных по плотности негативов, на которых указан режим печатания, обеспечивающий получение удовлетворительных позитивов, ведется так: корректор подбирает к рабочим негативам эталоны и по ним устанавливает экспозицию для печатания каждого негатива. Этот способ также требует многократного перепечатывания негатива с внесением экспозиционных поправок.

Часто режим печатания устанавливают без печатания экспозиционных проб. В этом случае корректор просматривает в проходящем свете на монтажном столе негатив, оценивает визуально его плотность и определяет экспозицию для копировального аппарата.

Многочисленные наблюдения показывают, что даже высококвалифицированные корректоры один и тот же негатив оценивают неодинаково. Колебания в оценке негатива выражаются в одну-две экспозиционные ступени копировального аппарата. Визуальное корректирование смонтированного негатива фильма сложнее, чем рабочего материала, так как при печатании смонтированного негатива необходимо не только выбрать правильную экспозицию для каждого фрагмента, но и выравнять позитив по плотности. Это выравнивание усложняется тем, что одинаковые фрагменты, находящиеся в разных частях фильма, должны быть напечатаны одинаково. Поэтому корректор должен обладать очень хорошей зрительной памятью, чтобы запоминать экспозиции при которых следует печатать фрагменты, повторяющиеся в разных частях фильма. Визуальный способ определения режима печатания требует многократного корректирования позитива. Во время корректирования на негативе делают отметки — боковые просечки, металлические наклейки, магнитные пометки и т. д., по которым датчики копировального аппарата переключают экспозиционный паспорт. После определения режима печатания изготовляют экспозиционный паспорт для печатания негатива.

При печатании позитивов с цветных негативов помимо экспозиционного корректирования необходимо цветокорректирование — подбор печатающего света по спектральному составу, с помощью которого достигается правдивое по цвету и плотности изображение в позитиве.

Необходимость в цветокорректировании вызывается отклонениями баланса частичных слоев в негативе. Нарушение баланса может происходить от свойств негативных киноплёнок, условий съёмки, режимов фотографической обработки и многих других причин.

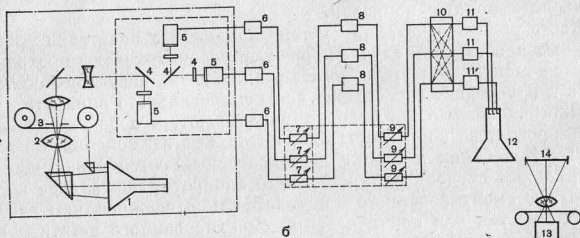
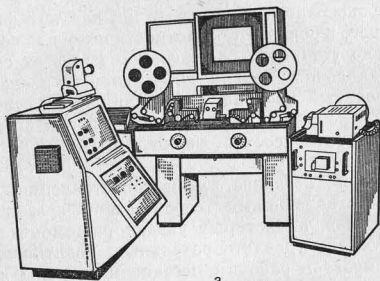


Рис. IV.12. Цветоанализатор (а) и его схема (б): 1 — проекционный кинескоп, 2 — объектив, 3 — негатив, 4 — интерференционные светофильтры, 5 — фотоумножители, 6 — усилители-корректоры, 7 — регуляторы экспозиций, 8 — преобразователи, 9 — гамма-корректоры, 10 — матрица, 11 — экспозиционные преобразователи, 12 — цветной кинескоп, 13 — диапроектор, 14 — экран для диапроекции

В зависимости от конструкции копирующего аппарата цветокорректирование ведут по аддитивному или субтрактивному способу. При аддитивном способе определяют ступени в трех спектральных световых потоках, действующих во время печатания изображения, и интенсивность экспонирующего света в копирующем аппарате.

Для цветокорректирования пользуются цветоанализаторами. Большинство цветоанализаторов представляет собой замкнутую телевизионную систему, основанную на развертке корректируемого изображения бегущим лучом через синий, зеленый и красный светофильтры — интерференционные светофильтры. Цветоделенные изображения воспроизводятся на экране электронно-лучевой трубки в виде трехцветного изображения. С помощью специального пульта можно регулировать яркость и цвет в изображении на экране. Выбранные условия для печатания изображения отмечают на паспортной ленте — цветоэкспозиционном паспорте. С этим паспортом и производят печатание в копируальном аппарате.

По упрощенной схеме цветоанализатор (рис. IV.12), моделируя получение цветного позитивного изображения, преобразует в электрические сигналы кривые спектрального пропускания красителей, составляющих негативное изображение и его градиационные характеристики. Также преобразуются кривые спектральной чувствительности слоев позитивной цветной киноплёнки и ее характеристические кривые. Одновременно моделируются операции печатания негатива копирующим аппаратом на позитивную киноплёнку и ее фотографическая обработка.

Прежде чем начать работать с цветоанализатором, его необходимо согласовать с процессом печатания в копируальном аппарате по эталонному изображению. Это изображение обычно содержит шкалу и портрет (рис. IV.13). Для согласования эталонного негатива изготавливают эталонный позитив. Эталонный негатив и позитив с него должны быть сделаны на тех киноплёнках, которые участвуют в данном процессе. Согласование цветоанализатора осуществляют ежедневно перед началом работы и дополнительно, если определение экспонирования ведут для разных киноплёнок. Согласовывая цветоанализатор, случают два изображения — изображение с негатива на кинескопе и изображение с позитива на экране диапроектора. Достигнув идентичности изображений, приступают к производственной работе.

Устанавливая экспозиционный режим печатания рабочего негатива, его помещают в фильмный канал цветоанализатора. Затем регулируют каждый из его каналов, добиваясь правдоподобного позитивного изображения, придерживаясь табл. 14. Регулирование каналов осуществляют по правилу: при вращении ручки красного канала по часовой стрелке в изображении усиливается красный цвет, а при вращении в обратную сторону происходит ослабление красного цвета и усиление голубого. При вращении по часовой стрелке ручки зеленого канала усиливается зеленый цвет, а при вращении в об-

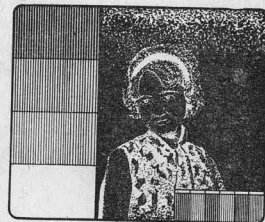


Рис. IV.13. Эталонное изображение, по которому калибруют цветоанализатор для работы

Корректирование изображения по аддитивному способу

Изображение цветоанализатора имеет излишне много цвета	Следует увеличить при экспонировании количество света
синего зеленого красного желтого пурпурного голубого	синего зеленого красного зеленого+красного синего+красного синего+зеленого

ратную сторону — пурпурный. При вращении ручки синего канала по часовой стрелке усиливается синий цвет, а при вращении в обратную сторону — желтый.

Если нужно сохранить цветовой баланс, но сделать изображение темнее или светлее, все три ручки цветовой настройки поворачивают соответственно по часовой стрелке или наоборот на одинаковое количество делений.

Хороших результатов, работая с цветоанализатором, можно достичь лишь в том случае, если стабильна вся производственная линия, т. е. цветоанализатор, копировальный аппарат и проявочная машина, а также хорошо нормирована позитивная киноплёнка.

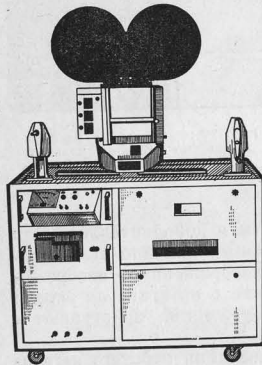


Рис. IV.14. Аппарат PROOF PRINTER для печатания пробных роликов

Работа сильно усложняется, если фильм смонтирован из негативов, снятых на разных киноплёнках, например на отечественных и импортных или на цветных и черно-белых и т. д.

Есть цветоанализаторы, в которых цветокорректирование изображения осуществляется с помощью оптических систем.

Изображение, получаемое на экране цветоанализатора, отличается по впечатлению от того же изображения, показанного на киноэкране. Это объясняется разной природой экранов, размеров изображения и адаптации зрения. В результате позитив, напечатанный с экспозиционным паспортом, составленным с помощью цветоанализатора, иногда требует дополнительного

цветокорректирования, особенно по фрагментам, содержащим необычные изображения, сложные по освещению объекты съемки и т. д.

Чтобы исключить дополнительное цветокорректирование позитива со смонтированного негатива фильма, изготавливают пробный

позитивный ролик. Для этого используют специальный корректирующий аппарат (рис. IV. 14), позволяющий сделать позитивные изображения со всех фрагментов негатива с экспозиционным паспортом, составленным по цветоанализатору. Печатают фрагменты в аппарате, выбирают в них наиболее важные изображения, иногда несколько и на разных участках негатива. Пробный ролик печатают на той же позитивной киноплёнке, на которой будет изготавливаться контрольный позитив. Просматривая на монтажном столе или на киноэкране обработанный в проявочной машине пробный ролик, вносят в экспозиционный паспорт необходимые поправки и вновь печатают пробный ролик. Исправление паспорта ведут до тех пор, пока не получат пробный ролик, отвечающий требованиям авторов фильма. С окончательно выправленным экспозиционным паспортом печатают контрольный и эталонный позитивы.

Естественно, что у цветоанализатора, аппарата для печатания пробного ролика и у копировального аппарата должны быть одинаковые светооптические системы и все прочие устройства. Только при полной согласованности их работы возможно полноценное использование аппаратуры.

При субтрактивном способе определяют величину диафрагм, регулирующих интенсивность экспонирующего света, и плотность корректирующих светофильтров, регулирующих спектральный состав света в копировальном аппарате.

При цветокорректировании по субтрактивному способу используют пленочные корректирующие светофильтры трех цветов: желтого, пурпурного и голубого. Светофильтры каждого цвета по плотности разделены на 20 ступеней. Самый плотный обозначен цифрой 99, самый прозрачный — цифрой 5. Эти цифры показывают условный процент светофильтра. Три разных по цвету корректирующих светофильтра, но одинаковых по процентному показателю, сложенные вместе, при печатании на сбалансированную позитивную киноплёнку действуют как ахроматическая плотность, величина которой зависит от процентного показателя корректирующих светофильтров.

Помимо корректирующих светофильтров применяют серые светофильтры, изготовленные из черно-белой фотопленки. Этими светофильтрами, параллельно с диафрагмами в паспортной ленте, регулируют экспозицию во время печатания изображения. Серия серых светофильтров состоит из 20 штук, отличающихся друг от друга по оптической плотности на 0,06. Оптическая плотность 0,06 эквивалентна одной ступени экспозиции копировального аппарата.

Корректирующие и серые светофильтры сохраняют в кассе (рис. IV. 15), имеющей для каждой серии светофильтров одну полочку с 20 ячейками.

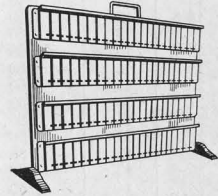


Рис. IV.15. Касса для корректирующих светофильтров

Стандартный паспорт

№ п/п	№ экспозиции	Корректирующий светофильтр				№ п/п	№ экспозиции	Корректирующий светофильтр			
		желтый	пурпурный	голубой	серый			желтый	пурпурный	голубой	серый
1	7	—	—	—	—	37	11	40	—	80	—
2	12	—	—	—	—	38	8	60	—	—	—
пропуск						39	9	60	—	20	—
3	7	—	—	—	—	40	10	60	—	40	—
4	8	—	—	20	—	41	11	60	—	60	—
5	9	—	—	40	—	42	12	60	—	80	—
6	10	—	—	60	—	43	8	80	—	—	—
7	11	—	—	80	—	44	9	80	—	20	—
8	8	—	20	—	—	45	10	80	—	40	—
9	9	—	20	20	—	46	11	80	—	60	—
10	10	—	20	40	—	47	12	80	—	80	—
11	11	—	20	60	—	пропуск					
12	12	—	20	80	—	48	7	20	—	—	—
13	9	—	40	—	—	49	8	20	20	—	—
14	10	—	40	20	—	50	9	20	40	—	—
15	11	—	40	40	—	51	10	20	60	—	—
16	12	—	40	60	—	52	11	20	80	—	—
17	13	—	40	80	—	53	7	40	—	—	—
18	10	—	60	—	—	54	8	40	20	—	—
19	11	—	60	20	—	55	9	40	40	—	—
20	12	—	60	40	—	56	10	40	60	—	—
21	13	—	60	60	—	57	11	40	80	—	—
22	14	—	80	80	—	58	8	60	—	—	—
23	11	—	60	—	—	59	9	60	20	—	—
24	12	—	80	20	—	60	10	60	40	—	—
25	13	—	80	40	—	61	11	60	60	—	—
26	14	—	80	60	—	62	12	60	80	—	—
27	15	—	80	80	—	63	8	80	—	—	—
пропуск						64	9	80	20	—	—
28	7	20	—	—	—	65	10	80	40	—	—
29	8	20	—	20	—	66	11	80	60	—	—
30	9	20	—	40	—	67	12	80	80	—	—
31	10	20	—	60	—	пропуск					
32	11	20	—	80	—	68	7	—	—	—	0,06
33	7	40	—	—	—	69	7	—	—	—	0,12
34	8	40	—	20	—	70	9	—	—	—	0,24
35	9	40	—	40	—	71	12	—	—	—	0,36
36	10	40	—	60	—						

Цветокорректирование ведут по цветопробам, представляющим собой серию изображений на позитивной киноплёнке, напечатанных со стандартным экспозиционным паспортом с вырезки негатива. Этот паспорт составляется по табл. 15. Корректируя изо-

бражение, придерживаются следующего правила: избыточный цвет в позитивном изображении ослабляется с увеличением плотности корректирующего светофильтра того же цвета или с уменьшением плотности двух других по цвету корректирующих светофильтров. На основании этого правила составлена табл. 16.

Таблица 16

Корректирование по субтрактивному способу

В позитивном изображении требуется ослабить	Избыточный цвет в позитивном изображении ослабляется тем больше, чем:	
	выше плотность светофильтра	ниже плотность светофильтра
Желтый	желтого	пурпурного + голубого
Пурпурный	пурпурного	желтого + голубого
Голубой	голубого	желтого + пурпурного
Синий	пурпурного + голубого	желтого
Зеленый	желтого + голубого	пурпурного
Красный	желтого + пурпурного	голубого
Фиолетовый	пурпурного + голубого	желтого + голубого
Оранжевый	желтого + пурпурного	голубого + пурпурного

Руководствуясь таблицей, по которой составлен стандартный экспозиционный паспорт, и просматривая цветопробу в фонаре с лампами дневного света, корректор устанавливает, при каком режиме получилось изображение, наиболее близкое к правдоподобию. Например, это изображение в цветопробе соответствует номеру 11, следовательно, изображение печаталось с диафрагмой № 1 и с корректирующими светофильтрами: пурпурным 20% и голубым 60%.

Изображения в цветопробе отличаются друг от друга на 20%-ный корректирующий светофильтр. Вследствие большого интервала между корректирующими светофильтрами в цветопробе часто нельзя найти удовлетворительного по цвету изображения. В этом случае корректор использует светофильтры с промежуточными плотностями — 15%-ный, 10%-ный и т. д.

Полный стандартный экспозиционный паспорт для печатания цветопробы применяют только тогда, когда негативная или позитивная киноплёнка неизвестна по балансу слоев, а также тогда, когда паспорт содержит три группы комбинаций корректирующих светофильтров. Первая группа состоит из комбинации пурпурных и голубых светофильтров, вторая — из желтых и голубых, третья — из желтых и пурпурных. Разные по цвету корректирующие светофильтры неодинаково влияют на величину экспозиции в копировальном аппарате. Наибольшим пропусканьем обладают желтые светофильтры, наименьшим — голубые светофильтры. Чтобы стандартный паспорт обеспечивал одинаковую экспозицию для любых вариантов корректирующих светофильтров, одновременно с диафрагмами в паспортной ленте используют и серые светофильтры.

Стандартный паспорт предусматривает печатание цветопробы с 71 вариантом экспонирования с каждого корректируемого негатива.

Цветопробы печатают со срезок от негатива. Четырехкадровые или другого размера срезки делают от начала или с конца фрагмента негатива. Одна срезка может представлять серию дублей фрагмента или ряда фрагментов, снятых в одинаковых условиях, на одной и той же киноплёнке, одновременно обработанной. Важно, чтобы срезки соответствовали негативу по изображению сюжетно важной детали.

Негативные срезки с ахроматической таблицей в кадре облегчают цветокорректирование, так как правильное воспроизведение таблицы в позитиве, как правило, сопутствует правдоподобию цветовоспроизведению объекта съёмки. Поэтому корректор, определяя режим печатания негатива по цветопробе, устанавливает такую экспозицию и такие корректирующие светофильтры, при которых серые ступени таблицы получаются серыми, а цветные изображения — нормальной плотности.

Корректируя изображение, придерживаются следующего правила: избыточный цвет в позитиве ослабляется, когда одновременно печатаются негативы, сделанные на киноплёнках, разных по природе красителей или сенсibilизаторов, например на отечественных и зарубежных.

Как правило, цветопробы печатают с экспозиционным паспортом, содержащим одну определённую группу корректирующих светофильтров, например состоящую из светофильтров пурпурного и голубого или пурпурного и желтого. Эта так называемая рабочая цветопроба короче стандартной и позволяет подобрать режим печатания негатива.

Изображение в цветопробе без серой таблицы корректируют по наиболее часто встречающимся деталям объекта съёмки — изображению лица, неба, деревьев и т. д.

Для печатания контрольного позитива со смонтированного негатива вначале составляют ориентировочный паспорт, руководствуясь цветопробами со срезок от каждого фрагмента негатива, вошедшего в фильм. Затем с ориентировочным паспортом печатают установочный ролик, представляющий собой набор удлиненных срезов (10-кадровых или другой длины) от каждого фрагмента негатива, склеенных в ролик в монтажном порядке. Позитив с установочного ролика просматривают на монтажном столе или на экране и вносят в экспозиционный паспорт необходимые поправки. Установочный ролик печатают несколько раз, добиваясь изображения, выровненного по плотности и правдоподобного по цвету. После должной проверки паспорта с ним печатают контрольный позитив фильма. Часто окончательный контрольный позитив получают после дополнительных поправок в паспорт, так как установочный ролик не всегда полностью соответствует смонтированному негативу фильма по сюжетно важным изображениям.

Независимо от способа печатания рабочий позитив должен быть оптимального качества, так как по этому позитиву не только судят о проведённой съёмке, но и отбирают материал в фильм.

На некоторых студиях не придерживаются этого правила и рабо-

чие позитивы всего фильма печатают при каком-либо одном экспозиционном режиме. Изготовление невыровненного по плотности и некорректированного по цвету изображения мотивируют тем, что такой позитив позволяет оператору видеть экспозиционные и цветные ошибки, допущенные во время съёмки, а также тем, что такой позитив можно сделать очень быстро.

Иногда в целях удешевления фильма и быстрого получения рабочего позитива цветные негативы печатают на черно-белую позитивную киноплёнку. Черно-белый позитив не позволяет полноценно оценить съёмку по цветовоспроизведению, поэтому часто параллельно с черно-белым позитивом изготавливают и цветной позитив с одного-двух фрагментов негатива.

Печатая контрольный позитив любым способом, корректор, добиваясь выровненных по плотности и правдоподобных по цвету изображений, согласовывает фрагменты между собой по тональности, учитывая явление последовательного цветового контраста. Суть этого явления в том, что во время демонстрации фильма цвет одного изображения оказывает влияние на восприятие цвета другого изображения, смонтированного рядом. Иногда это согласование требует некоторого отказа от правдоподобия по цвету объекта съёмки.

В цветной фильм по творческим соображениям или по техническим причинам могут быть включены изображения, снятые на черно-белой негативной киноплёнке, например фрагменты хроникальных сюжетов, недостаточно освещённые объекты и т. д. При печатании таких негативов на цветную позитивную киноплёнку можно подобрать режим экспонирования в копировальном аппарате, при котором изображение будет черно-белым или окрашенным в какой-либо тон, например вечерние и ночные сюжеты — в синеватый тон, портреты — в тон сепии, пейзажи — в зеленоватый и т. д.

Если цветной фильм содержит трансформированные изображения, выполненные по способам псевдосоларизации, изогелии, графики и т. д., режим печатания таких изображений ведётся при консультации с оператором фильма. Корректор пользуется консультацией оператора и в случаях, когда необходимо напечатать необычные явления природы, необычные пейзажи и т. п.

Промежуточные и эталонные позитивы печатают с экспозиционными паспортами контрольного позитива, принятого авторами фильма.

§ 26. Фотографическая обработка позитивных киноплёнок

Рабочие позитивы будут оптимальными по качеству изображения и правильно показывать результаты съёмки, если позитивные киноплёнки по всему фильму будут обработаны до постоянного значения коэффициента контрастности (γ) или среднего градиента ($\bar{g}$), характеризующих степень проявления материала.

Для цветных позитивов дополнительно необходимо соблюдение баланса контрастности (B_k) или баланса градиентов (B_g). Эти требо-

Режим обработки цветных позитивных киноплёнок

Название операции	Процесс									
	Отечественный					ORWO				
	ЦП-8Р		ЦП-11			7181		ЕСП-1		
	продолжи- тельность, мин	темпера- тура, °С	продолжи- тельность, мин	темпера- тура, °С	продолжи- тельность, мин	продолжи- тельность, мин	темпера- тура, °С	продолжи- тельность, мин	темпера- тура, °С	продолжи- тельность, мин
Размачивание	1	19±0,3	1	19±0,3	1	1	20±1	(10—20)		(10—20)
Промывка	—	—	(10)	15±0,3	(15—20)	12—15	(10—20)			(1—2)
Проявление	8—10	20±0,3	10—12	20±0,3	9—11	20±0,3	14			3
Промывка	1	11±3	(30)	15±3	(30)	12—15	(10—20)			—
Прерывание	—	—	—	—	—	—	—			(40)
Промывка	—	—	—	—	—	—	—			(40)
Фиксирование	6—8	19±3	5—7	19±3	5	20±1	4			(40)
Промывка	10—12	11±3	10	15±3	5	12—15	4			(40)
Отбеливание	4	19±3	5	19±3	5	20±1	8			1
Промывка	3	11±3	3	15±3	3	12—15	2			(40)
Проявление фоно	18	—	—	—	1	20±1	(10—20)			(10—20)
Промывка	—	11±3	—	—	2	12—15	(10—30)			(1—2)
Фиксирование	4	19±3	4	19±3	3	20±1	4			(40)
Промывка	10±15	11±3	10—15	15±3	6	12—15	8			1
Стабилизация	2	19±3	1	19±3	(30)	20±1	(10)			(10)

Примечания: 1. В скобках указана продолжительность в секундах.

2. При процессе ЕСП-1 обрабатываются киноплёнки фирм KODAK, AGFA-GEVAERT, FUJIFILM и ЗМ.

3. При процессе ЕСП-2 обрабатывается киноплёнка фирмы KODAK, тип SP.

Рецепты проявляющих растворов для обработки цветных позитивных киноплёнок

Наименование вещества	Процесс			
	отечественный		Kodak	
	ПП-8Р ПП-11	ORWO 7181	ЕСР-1	ЕСР-2
ЦПВ-1, г/л	2,8	2,75	—	—
ЦПВ-2, г/л	—	—	3	2,95
Сульфит натрия безводный, г/л	2	2	4	4,35
Гидроксиламинсульфат, г/л	1,2	1,2	—	—
Сода безводная (моногидрат), г/л	—	—	(20)	—
Поташ, г/л	60	75	—	17,1
Бромид калия (натрия), г/л	2	2	(1,7)	(4,72)
Гексаметафосфат натрия, г/л	—	3	2	—
Трилон Б, г/л	2	—	—	—
Умягчитель (фирмы), г/л	—	—	—	1
Серная кислота 7 мл/л	—	—	—	0,62

вания обязательны и для контрольных и для эталонных позитивов. Нормируемые значения должны совпадать с показателями, принятыми для рабочих позитивов.

Продолжительность проявления черно-белых позитивных киноплёнок определяют по кривым кинетики проявления $\gamma=f(t)$ или $\bar{g}=f(t)$, построенным на основании испытания киноплёнок в производственных условиях.

Продолжительность проявления цветных позитивных киноплёнок определяют с учетом достижения заданной контрастности и баланса светочувствительных слоев при режимах и растворах, указанных в табл. 17, 18, 19.

Рецепты вспомогательных растворов для обработки цветных позитивных киноплёнок

Название вещества	Процесс					
	отечественный	ORWO	7181	Kodak ECP-1; ECP-2	пере- вающий	отбели- вающий
Феррицианид калия, г/л	30	—	100	—	—	(30)
Бихромат калия, г/л	—	—	—	—	—	5
Бромид калия, г/л	15/20	—	15	—	—	20
Фосфат калия однозамещенный, г/л	—	—	5,8	—	—	—
Фосфат натрия двузамещенный, г/л	—	—	4,3	—	—	—
Краска алюминокальевая, г/л	0,40	—	—	—	—	40
Тиосульфат натрия безводный, г/л	—	—	—	160	—	—
Тиосульфат натрия кристаллический, г/л	—	200	—	—	—	—
Тиосульфат аммония 58% раствор, мл/л	—	—	—	—	—	180(100)
Сульфат аммония, г/л	—	—	—	20	—	—
Сульфит натрия безводный, г/л	—	7,5	—	—	—	15(2,5)
Метабисульфит натрия, г/л	—	—	—	—	—	(10,3)
Уксусная кислота ледяная, мл/л	—	3/0	25	—	—	18
Борная кислота, г/л	—	—	—	—	—	6
Уксуснокислый натрий, г/л	—	—	15	—	—	—

Примечания: 1. Показатель в числителе соответствует процессу для киноплёнки ЦП-8Р, в знаменателе — для киноплёнки ЦП-41.

2. Показатель в скобках соответствует процессу ECP-2.
3. Для процессов ECP-1 и ECP-2 разбавляющий раствор состоит из тетрабората натрия 20 г, сульфата натрия 100 г, уксусной кислоты 1 г на 1 л воды.
4. Для процесса ECP-2 останавливающий раствор состоит из серной кислоты 7—50 мл на 1 л воды.
5. Для процессов ECP-1 и ECP-2 стабилизирующий раствор состоит из формальдегида 37% 10—20 мл, фотофлора 600 (фирма) 2 мл на 1 л воды.

Разумеется, все процессы в проявочной машине должны обеспечивать стандартные результаты, так как даже небольшие колебания в режиме обработки, особенно цветных киноплёнок, имеющих высокую контрастность и весьма чувствительных к нарушениям в процессе, отрицательно скажутся на изображении. Поэтому правильность обработки материала проверяют по сенситограммам, впечатанным в конец рулона киноплёнки, и по периодически обрабатываемым в машине сенситограммам, изготовленным на контрольной киноплёнке.

Определять продолжительность проявления позитивных киноплёнок на основании проб от основного материала не рекомендуется. Этим способом часто добиваются хорошего качества рабочего позитива с неполноценного негатива, удлиняя проявление позитива с вялого негатива или сокращая проявление позитива с контрастного негатива, или подбирая специально позитивную киноплёнку к негативу и т. д. Такие позитивы, как правило, оказываются проявленными до различного значения контрастности и дезориентируют оператора, а часто без достаточного основания заставляют вносить поправки в последующие съёмки, что приводит к разному негативов. Использование таких специально сделанных рабочих позитивов для монтажа фильма приводит к конфликту между съёмочной группой и цехом обработки киноплёнки, так как контрольный позитив, обрабатываемый целиком в одном режиме, будет хуже по качеству изображения, чем смонтированный из позитивов, проявленных по пробам.

§ 27. Звук в позитиве

Непременным элементом фильма является фотографическая или магнитная фонограмма.

Наибольшее распространение в позитиве находит фотографическая фонограмма.

Первичные фонограммы могут содержать запись речи, шумов, музыки и т. д., сделанных синхронно со съёмкой изображения, при озвучении изображения и т. д.

Получить одновременно качественное изображение и звучание в цветном фильме на позитивной киноплёнке довольно сложно. Фотографическая фонограмма должна быть напечатана на позитивную киноплёнку с максимальной резкостью. Достичь этого трудно, так как даже при полном контакте киноплёнок во время экспонирования возникает взаимное скольжение относительно друг друга. При этом в позитиве зубцы записи оказываются расширенными и нерезкими, особенно на высоких частотах, что приводит к искажению звука. Для устранения скольжения некоторые копировальные аппараты имеют экспонирующий барабан, с устройствами, компенсирующими разницу между длиной негативной и позитивной киноплёнок.

Кроме того, чтобы звучание в фильме было полноценным, фотографическая фонограмма на позитивной киноплёнке должна иметь определённую непрозрачность для фотоэлемента в звуковоспроизводящем устройстве кинопроектора.

Фотографическая фонограмма на цветных позитивных киноплёнках может состоять из серебра, красителей и серебра или только из красителей. Степень непрозрачности двух последних видов фонограмм зависит от их строения и от того, каким фотоэлементом воспроизводится звук в кинопроекторной установке, так как спектральные чувствительности фотоэлементов, например цезиево-газопольного (ЦГ) и сурьмяно-цезиево-вакуумного (СЦВ), различны.

Наилучшее звучание обеспечивает серебряная фонограмма, однако непрозрачная для любого фотоэлемента кинопроектора. Однако чисто серебряную фонограмму в цветном позитиве получить трудно. Как правило, в цветном позитиве фонограмма состоит из красителей и серебра — красочно-серебряная. Для получения такой фонограммы применяют раздельную обработку участков киноплёнки, занятых изображением и звуковой дорожкой.

Раздельная обработка ведётся разными способами. Чаще всего киноплёнку обрабатывают в растворе цветного проявителя, образующего одновременно изображение и звуковую дорожку из красителей и серебра. После отбеливания киноплёнки на участок, занятый фонограммой, с помощью аппликаторного устройства наносится вязкий черной-белый проявляющий раствор или раствор сернистого натрия. Под действием вязких растворов отбеленное серебро переходит в металлическое или сернистое, нерастворимое в последующих операциях. В результате звуковая дорожка оказывается из красителей и серебра, металлического или сернистого.

Другой способ предусматривает раздельную обработку киноплёнки по такой схеме: до цветного проявления аппликаторным устройством наносят вязкий черно-белый проявитель только на участок киноплёнки, занятый звуковой дорожкой. После черно-белого проявления, образовавшего фонограмму из металлического серебра, киноплёнку целиком обрабатывают в цветном проявителе, который создает изображение и фонограмму из металлического серебра и красителей. Затем киноплёнку подвергают отбеливанию и фиксации, рассчитанным так, что из фотографических слоев киноплёнки удаляется серебро, составляющее изображение, и только некоторое количество серебра, составляющего фонограмму. В результате звуковая дорожка на киноплёнке оказывается из серебра, оставшегося в слоях киноплёнки, и небольшого количества красителей.

Третий способ ведётся по схеме — на участок, занятый фонограммой на киноплёнке, обработанной предварительно в цветном проявителе, создавшем изображение и звуковую дорожку из серебра и красителей, наносят защитный слой, который предохраняет звуковую дорожку от действия отбеливающего раствора во время обработки киноплёнки аппликаторным устройством. Вязкий отбеливатель удаляет серебро только с участка, занятого изображением. Фонограмма же состоит из серебра и красителей.

В целях лучшего звучания фонограммы звуковую дорожку в копировальном аппарате печатают со светофильтрами, обеспечивающими образование фонограммы в зелено-красочувствительных слоях цветной позитивной киноплёнки.

Процесс изготовления позитива с изображением и фонограммой, состоящих исключительно из красителей, значительно проще всех других способов. Такой позитив получают путем полного удаления всего серебра из киноплёнки отбеливающим и фиксирующим растворами. Состав фонограммы регулируют светофильтрами во время ее печатания в копировальном аппарате. Однако из каких бы красителей фонограмма не состояла, получить одинаковое звучание ее при воспроизведении разными фотоэлементами невозможно. Кроме того, на такой фонограмме сильно сказываются механические дефекты: паразиты, потертости и др., — возникающие при эксплуатации позитива.

§ 28. Контроль позитива

При производстве фильма весьма важен контроль позитива, поскольку он является завершающим материалом съемки, и потому, что только по нему во многих случаях можно правильно оценить негатив, особенно цветной.

Цель контроля — установить фотографическое и техническое качество позитива и негатива.

Контроль позитива осуществляют просмотром его на экране и на монтажном столе, оборудованном лампами для рассматривания киноплёнки в проходящем и отраженном свете. Контролируют также сенситометрические показатели фотографической обработки киноплёнки и ее размеры.

Контролируя позитив по фотографическому изображению, оценивают: негативное изображение, позитивное изображение, процессы печатания и обработки позитивной киноплёнки.

Негативное изображение рассматривают с точки зрения освещения объекта, экспонирования при съемке, резкости, зернистости, мигания и загрязнений в кадре и т. д.

Позитивное изображение оценивают по плотности, цветовоспроизведению, выравненности между фрагментами, резкости, плотности вуали и другим характеристикам.

Процессы печатания и обработки позитивной киноплёнки оценивают по значениям, полученным при измерении контрольных сенситограмм и шкал. Экспозиционный паспорт для печатания позитива ограничивается определенными экспозициями для копировального аппарата, так на отечественных предприятиях принято черно-белые позитивы печатать с экспозициями от 7-го до 17-го номера, цветные позитивы по субтрактивному способу — от 7-го до 16-го номера, по аддитивному способу — от 5-й до 35-й ступени. Нормируются и плотности в контрольных шкалах, значения которых зависят от свойств позитивных киноплёнок и технологического процесса их обработки.

Контролируя позитив по техническим показателям, дают оценку погрешностей киноплёнки, ее геометрическим размерам, технике обработки киноплёнки, состоянию оборудования, на котором обрабатывалась киноплёнка, и т. д.

При обнаружении дефекта в рабочем позитиве дают указание о его переделке. После переделки вновь проверяют позитив. Если не-

Дефекты в позитиве*

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
106	Блестки на изображении	Отпечаталась перфорационная пыль
107	Волнообразная деформация края киноплёнки	См. 29
108	Вуаль двухцветная	См. 30
109	Вуаль желтая	См. 31
110	Вуаль коричневая	См. 32
111	Вуаль по краю киноплёнки	См. 33
112	Вуаль серая	См. 34
113	Вялое изображение с нормально-го негатива	а) Печаталось на малоконтрастную киноплёнку, б) недопроявление излишне экспонированной киноплёнки
114	Два изображения на одной киноплёнке	Ошибочно дважды напечатано изображение на одну киноплёнку
115	Звуковая дорожка смещена в сторону перфорации или изображения	а) Копировальный аппарат неисправен, б) негатив записан неправильно
116	Звуковая дорожка частично не отпечаталась	Засорена щель или смещена лампа в копировальном аппарате
117	Звучание глухое	Недостаточный уровень высоких частот при записи звука
118	Звучание недостаточно громкое	а) Неудовлетворительная запись звука по громкости, б) недостаточна плотность фонограммы, в) фонограмма состоит лишь из красителей
119	Измятая киноплёнка	а) Копировальный аппарат неисправен, б) неправильная зарядка аппарата
120	Изображение одновременно позитивное и негативное	а) Засветка во время проявления, б) засветка при обработке в источенном фиксаже
121	Изображение оказалось окрашенным в посторонний тон	а) Негатив разбалансирован, б) позитивная киноплёнка разбалансирована по светочувствительности, в) нарушен баланс слоев при проявлении, г) неправильна цветокорректировка
122	Изображение периодически нерезкое	См. 41
123	Кадр или кадры разных фрагментов отличаются по плотности от основного изображения	а) Печатание происходило на копировальном аппарате с непрерывным движением киноплёнок, б) копировальный аппарат с прерывистым движением киноплёнок неисправен,

* См. табл. 2, 11.

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
124	Кадр неустойчив вертикально	в) неправильно сделана просечка на негативе для переключения паспорта Копировальный аппарат неисправен
125	Кадр неустойчив горизонтально	Копировальный аппарат неисправен
126	Контрастное изображение недостаточной плотности при нормальном проявлении	Недостаточная экспозиция при печатании
127	Крупнозернистое изображение	Недоброкачественный негатив
128	Линии ветвистые	См. 50
129	Линии черные	См. 51
130	Машинное масло на киноплёнке	См. 52
131	Наброс эмульсии	См. 53
132	Надкол перфорации	а) Копировальный аппарат неисправен, б) см. 3
133	Неодинаковое звучание в рулоне киноплёнки	а) Неисправен аппликатор, наносящий вязкий проявитель на фонограмму, б) см. 5
134	Неразборчивая речь	а) Плохая дикция у актёров, б) неудовлетворительная запись звука, в) фонограмма отпечатана нерезко, г) фонограмма имеет повышенную плотность с заплыванием модуляций
135	Нерезкое изображение по всему кадру	а) Неисправен копировальный аппарат, б) см. 8
136	Несинхронно изображение со звуком	а) Съёмочная и записывающая аппаратура работала несинхронно во время съёмки, б) неправильно подобраны негативы изображения и звука, в) неправильно подклеены рекорды к изображению и фонограмме, г) нестандартные рекорды подклеены к изображению и фонограмме, д) неправильно заряжены киноплёнки в копировальный аппарат
137	Неустойчивое изображение	а) Недоброкачественный негатив, б) неисправен копировальный аппарат, в) см. 7, 8
138	Одноцветные детали воспроизведены разным цветом	а) Недоброкачественный негатив, б) разбалансирована позитивная киноплёнка, в) нарушен баланс во время обработки позитивной киноплёнки
139	Одноцветное или двухцветное изображение	а) Недоброкачественный негатив, б) неправильно подобран режим цветокорректировки

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
140	Ореолы в кадре	См. 59
141	Осадки на киноплёнке	См. 60
142	Плотное изображение	а) Завышенная экспозиция при печатании, б) перепроявление киноплёнки
143	Плотность изображения меняется в одном фрагменте	а) Недоброкачественный негатив, б) неисправен копировальный аппарат, в) на обрабатываемую киноплёнку изредка действовал белый свет, г) см. 5
144	Плотность изображения меняется через одинаковые промежутки	См. 63
145	Плотность или цвет в рулоне киноплёнки периодически изменяется	а) Недоброкачественный негатив, б) см. 64
146	Плохая сохраняемость изображения	См. 65
147	По краям кадра изображение повышенной плотности	Недоброкачественный негатив
148	Полосы светлые под плотными деталями	См. 68
149	Полосы темные под светлыми деталями	См. 69
150	Полосы тонкие и светлые	См. 70
151	Полосы черные продольные	См. 71
152	Посторонние шумы в фонограмме	Помехи при записи звука
153	Пропуск изображения во фрагменте	Копировальный аппарат неисправен
154	Пузырьки мелкие, частично лопнувшие	См. 74
155	Пятна в виде звезды на изображении	Недоброкачественный негатив
156	Пятна концентрические, неправильной формы, темные на черно-белом изображении, радужные — на цветном (ньютонovy кольца)	Чрезмерный прижим киноплёнок во время печатания
157	Пятна мелкие в виде сот	См. 78
158	Пятна мелкие и светлые с темным окаймлением	См. 79
159	Пятна цветные	См. 84
160	Пятно в виде дуги на изображении	а) Отображение блика из-за неправильно установленной осветительной системы в копировальном аппарате, б) неравномерный прижим киноплёнок хрусталиком копировального аппарата, в) см. 85
161	Позитив проявлен иначе, чем задано	См. 86

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины появления дефекта
162	Разной контрастности изображение в фильме	а) Негатив смонтирован из разных по контрасту изображений
163	Разной плотности изображения в фильме	а) Объекты съёмки сильно различались по интервалу яркостей, б) экспозиции для печатания подобрали неправильно, в) паспортный механизм копировального аппарата неисправен, г) неправильно работал паспорт во время печатания изображения
164	Разноцветное изображение в одном фрагменте	а) Недоброкачественный негатив, б) см. 88
165	Разрыв перфораций	а) Копировальный аппарат неисправен, б) см. 8, 11, 28
166	Рулон имеет форму многогранника	См. 94
167	След вязкого проявителя на изображении	Аппликаторное устройство в проявочной машине неисправно
168	Следы заплывшей цапаины	а) Копировальный аппарат неисправен, б) проявочная машина неисправна
169	Следы зубьев барабана	Копировальный аппарат неправильно заряжен
170	Следы капель воды	См. 97
171	Следы противореального слоя на подложке	См. 98
172	Тембр звука с металлическим оттенком	Избыточный уровень высоких частот при записи звука
173	Тембральная неоднородность в записи голоса	Недоброкачественная запись
174	Точки мелкие, шероховатые	См. 99
175	Фотографический слой имеет мелкие трещины	См. 101
176	Фотографический слой имеет различные дефекты	См. 102, 103, 104 и 105
177	Фрагменты не выравнены по плотности или невыправлены по цвету	а) Неправильно определен режим печатания изображений, б) неправильно составлен экспозиционный паспорт, в) сбой экспозиционного паспорта во время печатания
178	Цапаина сухая	а) Неаккуратная работа с позитивом

доброкачественной оказалась часть рулона позитива, то переделывают эту часть изображения, а затем вновь контролируют и вклеивают в рулон позитива. Если в позитиве оказываются дефекты, могущие быть и в негативе, контролер сличает позитив с негативом.

Контрольные, эталонные и другие синхронные позитивы проверяют при проекции на экран и просматривая на монтажном столе. Позитив фильма или его части переделывают, если изображение или звук не отвечают требованиям авторов фильма или если обнаруживаются дефекты, портящие впечатление о фильме.

Признав эталонный позитив доброкачественным, контролер составляет акт, в котором отмечает фотографическое и техническое состояние негатива, его геометрические размеры и другие нормируемые характеристики. Одновременно контролер проверяет наличие сопроводительных материалов по фильму, как-то: экспозиционного паспорта, установочных роликов и т. д. При контроле позитива руководствуются табл. 20.

Глава V ПРОЦЕСС ОБРАЩЕНИЯ

Процесс обращения — процесс обработки, при котором получают непосредственно на киноплёнке изображение со шкалой плотностей, соответствующей шкале яркостей объекта съёмки или шкале печатаемого изображения.

Этот одностадийный процесс позволяет получить позитивное изображение на той киноплёнке, на которую производилась съёмка; негативное, если на киноплёнку печаталось негативное изображение, и позитивное, если на киноплёнку печаталось позитивное изображение (рис. V.1).

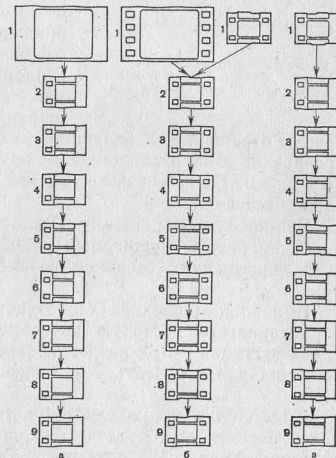
Черно-белое изображение состоит из металлического серебра, цветное — из красителей: желтого, пурпурного и голубого. Изображение

Рис. V.1. Схемы цветных процессов обращения:

а) 1 — объект съёмки, 2 — цветоделенные скрытые негативные изображения, 3 — черно-белые цветоделенные негативные изображения, 4 — засветка киноплёнки, 5 — цветоделенные скрытые позитивные изображения, 6 — цветоделенные позитивные изображения из металлического серебра и красителей, 7 — отбеленные серебряные изображения, 8 — удаление серебряных изображений и галогенидов серебра — фиксирование, 9 — цветное позитивное изображение;

б) 1 — цветной негатив, 2 — цветоделенные скрытые позитивные изображения, 3 — черно-белые цветоделенные позитивные изображения, 4 — засветка киноплёнки, 5 — цветоделенные скрытые негативные изображения, 6 — цветоделенные негативные изображения из металлического серебра и красителей, 7 — отбеленные серебряные изображения, 8 — удаление серебряных изображений и галогенидов серебра — фиксирование, 9 — цветной позитив;

в) 1 — цветной позитив, 2 — цветоделенные скрытые негативные изображения, 3 — черно-белые цветоделенные негативные изображения, 4 — засветка киноплёнки, 5 — цветоделенные скрытые позитивные изображения, 6 — цветоделенные позитивные изображения из металлического серебра и красителей, 7 — отбеленные серебряные изображения, 8 — удаление серебряных изображений и галогенидов серебра — фиксирование, 9 — копии цветного позитива



характеризуется высокой резкостью и мелкозернистостью, так как строится из наиболее мелких микрокристаллов галогенида серебра, оставшихся в светочувствительном слое киноплёнки после разрушения первичного изображения, создаваемого из наиболее высокочувствительных и потому крупных микрокристаллов галогенида серебра. Благодаря этим свойствам стало возможным получать доброкачественные изображения путем съёмки на 16- и 8-мм киноплёнки.

Процесс обращения широко применяют при производстве фильмов для телевидения — научных, хроникальных и любительских. Процесс находит применение и при контратипировании изображения. Распространению процесса способствует не только повышенное качество изображения, но и возможность изготовить позитив значительно быстрее и экономнее, чем по двухступенному процессу.

§ 29. Обращаемые киноплёнки

Черно-белые обращаемые киноплёнки для съёмки состоят из защитного, светочувствительного и противоореального слоев, нанесенных на триацетатную подложку, обычно слабо окрашенную в синевато-голубой тон. Иногда светочувствительный слой образуется двумя полуслоями, разными по светочувствительности и другим свойствам, для увеличения фотографической широты. В целях повышения разрешающей способности, которая очень важна для мелкоформатных изображений, обращаемые киноплёнки снабжены противоореальным слоем из коллоидного серебра темно-коричневого или темно-синего цвета, хорошо поглощающим лучи, способные создавать

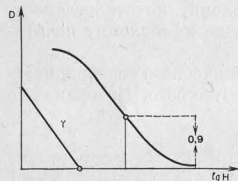


Рис. V.2. Характеристическая кривая черно-белой обращаемой киноплёнки

ореолы отражения. У большинства обращаемых киноплёнок противоореальный слой расположен между подложкой и светочувствительным слоем. Во время фотографической обработки противоореальный слой обесцвечивается.

Черно-белые обращаемые киноплёнки чувствительны до 680 нм.

Черно-белые обращаемые киноплёнки (рис. V. 2), как правило, изготовляют двух степеней светочувствительности: средней и высокой.

Киноплёнки средней светочувствительности имеют следующие характеристики: светочувствительность — 45 ед. ГОСТ; контрастность рекомендуемая — 1,2; разрешающая способность — не менее 100 мм⁻¹; минимальная плотность — не более 0,08; фотографическая широта — 1,05.

Киноплёнки высокой светочувствительности имеют следующие характеристики: светочувствительность — 180 ед. ГОСТ; контрастность рекомендуемая — 1,2; разрешающая способность — не менее 110 мм⁻¹;

Черно-белые обращаемые киноплёнки

Производство	Название киноплёнки	Показатель светочувствительности					
		ГОСТ		DIN		ASA	
		6000	3200	6000	3200	6000	3200
Отечественное	Обращаемая ОЧ-45	45	32	18	17	50	40
	Обращаемая ОЧТ-В	400	300	28	27	500	400
ORWO	Umkerfilm UR-32	11	11	12	12	12	12
	Umkerfilm UP-52						
KODAK	Plus-X Reversal 7276	45	32	18	17	50	40
	Double-X Reversal 7277	180	130	24	23	200	160
AGFA-GEVAERT	Gevapan 30 Reversal 8,63	45	32	19	17	64	40
	Gevapan 36 Reversal 8,80	250	180	26	24	320	200
GAF	Medium Speed 2955	45	32	19	17	64	50
	High Speed 2961	180	130	24	23	200	160

минимальная плотность — не более 0,08; максимальная плотность — не менее 2,0; фотографическая ширина — 1,05.

Некоторые фирмы изготавливают обрабатываемые киноленки наивысшей светочувствительности, например отечественная киноленка ОЧТ-В имеет светочувствительность 400 ед.ГОСТ (см. табл. 21).

Цветные обрабатываемые киноленки для съемки представляют собой многослойную систему, построенную традиционно, т. е. верхний слой синечувствительный, в котором после фотографической обработки

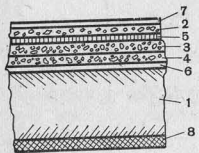


Рис. V.3. Строение цветной обрабатываемой киноленки: 1 — подложка, 2 — синечувствительный слой, 3 — зеленочувствительный слой, 4 — красночувствительный слой, 5 — желтый светофильтр, 6 — противоореальный слой, 7 — защитный слой, 8 — противоскрывающий слой

будет частичное позитивное изображение из желтого красителя, средний — зеленочувствительный, в нем образуется частичное позитивное изображение из пурпурного красителя и нижний — красночувствительный, в котором создается частичное позитивное изображение из голубого красителя. Между верхним и средним светочувствительными слоями расположен желтый светофильтр в виде тонкого слоя, содержащего коллоидное серебро. Между нижним светочувствительным слоем и подложкой помещается противоореальный слой из коллоидного серебра. На верхний светочувствительный слой нанесен защитный желатиновый слой, на подложку — противоскрывающий слой (рис. V. 3).

Лучшие цветные обрабатываемые киноленки относятся к типу тонкослойных. Общая толщина всех слоев у них около 16 мкм. Кроме того, для улучшения зернистости, резкости, цветоделения и других фотографических свойств киноленки имеют светочувствительные слои из двух полуслоев, часто прокрашенных противоореальными красителями, вымываемыми при обработке.

Цветные обрабатываемые киноленки наиболее сложны по технологии производства. Особенно те, которые предназначены для съемки

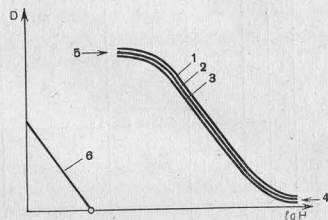


Рис. V.4. Характеристические кривые цветной обрабатываемой киноленки: 1 — синечувствительный слой, 2 — зеленочувствительный слой, 3 — красночувствительный слой, 4 — $D_{\text{мин}}$, 5 — $D_{\text{макс}}$, 6 — коэффициент контрастности

фильмов, изготавливаемых в одном экземпляре. Эти киноленки должны иметь светочувствительные слои, строго сбалансированные по всем характеристикам: светочувствительности, контрастности, максимальной и минимальной плотности, фотографической широте и др. (рис. V. 4). Такие же строгие требования предъявляются и к спектральной чувствительности слоев и к спектральному поглощению красителями, образующими цветное изображение. Эти красители должны создавать насыщенное по цвету позитивное изображение и быть стабильными во время длительного хранения фильма.

Цветные обрабатываемые киноленки для съемки бывают двух типов по балансу светочувствительных слоев: первый — для съемок при освещении объекта дневным светом или источниками света, имеющими $T_c = 5400-6000$ К (тип Д, Т и др.), и второй — для съемок при освещении объекта лампами накаливания с $T_c = 3200$ К (тип Л, К и др.).

В качестве примера приводим характеристики отечественной цветной обрабатываемой киноленки ЦО-Т-90Л: светочувствительность — 90 ед. ГОСТ; баланс светочувствительности — не более 1,6; коэффициент контрастности — 1,4—1,7; баланс контрастности — не более 0,3; минимальная оптическая плотность для каждого слоя — не более 0,25; максимальная оптическая плотность для каждого слоя — не менее 2,2; общая разрешающая способность — не менее 60^{-1} .

Большие допуски по контрастности у черно-белых и цветных обрабатываемых киноленок объясняются тем, что киноленты изготавливаются для различных целей.

Фильмы, предназначенные для телевидения и тиражирования, должны иметь небольшую контрастность, так как чем она ниже, тем больше фотографическая ширина киноленки, что важно для условий съемки по общей экспозиции, а особенно для внутрикадровой. Как правило, киноленки для этих фильмов обрабатывают до контрастности $= 1,1-1,2$. Заниженная контрастность целесообразна для съемок, так как создает условия, близкие к работе на негативных кинолентах. При телекинопроекции фильм с заниженной контрастностью легко довести до нормы с помощью гамма-корректора, предусмотренного в телевизионном устройстве. Пониженная контрастность рациональна и для киноленок, на которых будут делаться фильмы, подлежащие тиражированию. Она обеспечивает наилучшее градиционное воспроизведение печатаемого изображения.

Фильмы научно-технические, исследовательские, любительские и прочие, изготавливаемые в одном экземпляре и предназначенные для непосредственного проецирования на экран, должны иметь повышенную контрастность, 1,40—1,60.

Поэтому некоторые фирмы изготавливают два типа обрабатываемых киноленок: первый — для телевидения и для фильмов, подлежащих тиражированию; второй — для научно-технических, исследовательских, любительских и других фильмов. Эти два типа киноленок различны по контрастности. Иногда вместо двух разных киноленок рекомендуют различные процессы обработки, обеспечивающие получение на одной и той же киноленте разных по контрастности изо-

Цветные обрабатываемые киноплёнки

Производство	Название киноплёнки	Показатель светочувствительности						Рекомендуемый процесс обработки
		ГОСТ		DIN		ASA		
		6000	3200	6000	3200	6000	3200	
Отечественное	ЦО-32Д	32	22	17	16	40	30	ЦО
	ЦО-Т-50,Л	65	90	20	21	80	100	ЦО
	ЦО-180,Л	130	180	23	24	160	200	ЦО
ORWO	Orwochrom UT-18	45	32	18	17	60	40	ORWO 9165
	Orwochrom UT-20	65	45	20	19	80	60	ORWO 9165
	Orwochrom UK-17	22	32	16	17	20	30	ORWO 9165
KODAK	Ektachrome 7252	16	22	14	15	18	25	ECO-3
	Commercial Ektachrome VN 7240	65	90	20	21	80	125	»
	Ektachrome VN 7239	130	100	23	22	160	90	»
	Ektachrome EF 5241	130	100	23	22	160	90	ME-4
	Ektachrome EF 7241	130	100	23	22	160	90	ME-4
	Ektachrome EF 5242	65	90	20	21	80	125	ME-4
AGFA-GEVAERT	Gevachrome 700	45	65	19	20	50	80	Gewachrome II
	Gevachrome 710	65	90	20	21	80	125	
	Gevachrome 720	90	130	21	20	125	160	
FUJIFILM	Fujicolor 8426	90	130	22	23	100	160	ME-4
	Fujicolor 8425	250	320	26	27	320	400	
GAF	Ansochrome D/50	45	32	18	17	50	40	AR-2
	Ansochrome D/100	90	65	22	21	100	64	
	Ansochrome T/000	65	90	21	22	64	100	
	Ansochrome D/200	180	130	24	23	200	160	
3M	Reversal CR 160	130	90	23	22	160	125	3M
	Reversal CR 64	45	32	18	17	60	50	
	Reversal CR 250	180	130	24	23	250	200	

бражений. Характеристики цветных обрабатываемых киноплёнок приведены в табл. 22.

Цветные обрабатываемые киноплёнки весьма чувствительны к спектральному составу освещения объекта съёмки. Поэтому экспонирование должно происходить при таком освещении и при такой экспозиции, которые обеспечат не только пропорциональное участие негативного и позитивного изображений, но и такое участие частичных изображений, которое создаст сбалансированность между слоями по всем характеристикам. Практически обеспечить при съёмке освещение, рассчитанное на баланс частичных слоев киноплёнки, очень сложно. На рис. V.5. показано, как изменяется цветовая температура в течение дня. Цветовоспроизведение объекта, снятого несколько раз в течение одного дня, будет весьма различным. Также неодинаковым будет цветовоспроизведение, если в короткий отрезок времени снять изображение по круговой панораме. Еще большие цветоискажения возникнут при съёмке в разных световых условиях. Причем цветоискажения нельзя устранить в процессе фотографической обработки киноплёнки, как это имеет место при двухстадийном процессе.

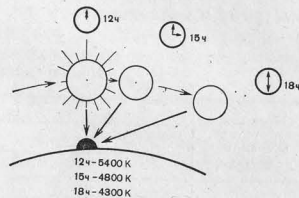


Рис. V.5. Схема зависимости T_c от времени дня (летом, для широты 50°)

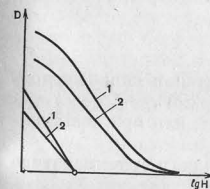


Рис. V.6. Действие засветки на характеристическую кривую обрабатываемой киноплёнки: 1 — до засветки, 2 — после засветки

Засветка киноплёнки позволяет изменить форму характеристических кривых (рис. V. 6), снизить контрастность, усилить проработку мало освещенных деталей и др. Для засветки используют свет, экранированный светофильтром, цвет которого зависит от изобразительного решения.

Чтобы сбалансировать условия освещения объекта съёмки со свойствами обрабатываемых киноплёнок, рекомендованы конверсионные светофильтры (табл. 23).

Обрабатываемые киноплёнки, имеющие повышенную контрастность и насыщенность цветов, часто подвергают гиперсенсibilизации или латенсификации, как это делается при использовании цветных негативных киноплёнок. Эти способы применяют по творческому и техническим соображениям, например для изменения цветового тона у слабо освещенных деталей, сохранения правильной окраски у ярко освещенных деталей, при воспроизведении человеческой кожи и т. д.

§ 30. Обработка обращаемых киноплёнок

Качество изображения на обращаемых киноплёнках больше, чем на любых других киноплёнках, зависит от процесса фотографической обработки. Поэтому необходимо строго соблюдать технологические рекомендации киноплёночных заводов.

Чёрно-белые обращаемые киноплёнки могут быть обработаны по одному из трех фотографических процессов: нормальному, быстрому и медленному.

Таблица 23

Конверсионные светофильтры

Цветовая температура источника света, T_c	Производство			
	отечественное	ORWO	KODAK-WRATTEN	AGFA-GEVAERT
	Светофильтр, приводящий к источнику света			
2800	CC-1 (1 мм)	$T_d = 3200 \text{ K}$ K-15 + K-16	82-C	STB-4
3400	TC-5 (1 мм)	K-15	81-A	STO-2
5500—6000	OC-6 (5 мм)	K-18	85	STO-8
8000—10 000	OC-5 (1 мм)	K-16 + K-18 $T_d = 5500\text{—}6000 \text{ K}$	85 B	STO-12
3200	—	K-13 + K-11	80-A	STB-12
3800	CC-1 (3 мм)	K-12 + K-11	80-C	STB-8
5000	—	K-10	82-A	STB-1

Примечание. Светофильтры разных фирм неодинаковы по кривым спектрального поглощения, поэтому таблица содержит лишь приближенные сведения.

Нормальный процесс обработки проводится в сильнощелочных проявителях, при температуре растворов 18—20°C.

Быстрый — в высокощелочных проявителях, или при повышенной температуре растворов.

Медленный — в слабощелочных проявителях, при температуре растворов 18—20°C.

Любой из этих процессов включает в себя следующие основные операции. Первое проявление — решающая операция всего фотографического процесса. Это проявление образует на киноплёнке негативное изображение объекта съёмки и в значительной степени влияет на светочувствительность киноплёнок, на контрастность, фотографическую широту, структурные свойства, общую плотность позитивного изображения, максимальную и минимальную плотность его деталей, резкость и т. д.

В качестве проявляющих веществ в растворе применяют метол с гидрохиноном или фенидон с гидрохиноном, как правило, в повышенных количествах. Из щелочей используют углекислые и едкие, часто обе щелочи одновременно. Обязательно применяется противоваляющее вещество — бромистый калий, бензотриазол и др. Количество

их довольно большое, например бромистого калия — от 2 до 8 г/л. Есть растворы, в которых одновременно присутствуют два противоваляющих вещества — бромистый калий и бензотриазол, — так как очень важно, чтобы во время первого проявления не вальировалась киноплёнка в связи с тем, что вуаль снижает плотность ярких деталей в позитиве тем больше, чем выше была вуаль в негативе.

Почти все первые проявители содержат растворители галогенида серебра — роданистый калий или натрий, тиосульфат натрия и др. Предпочтение отдаётся роданистым солям — эти соли способствуют возникновению физического проявления, при котором образуются компактные серебряные зёрна, создающие мелкозернистое изображение.

Присутствие роданистых солей в проявителе повышает светочувствительность обращаемых киноплёнок. Физическое проявление, имеющее место в общем процессе проявления, усиливается, если в раствор введен йодистый калий, полистиленгликоль и другие подобные вещества.

Некоторые проявляющие растворы содержат дубящее вещество — сульфат натрия. Оно защищает эмульсионный слой от вредного действия на него едких щелочей. Разумеется, в каждом растворе имеется сохраняющее вещество — сульфит натрия или метабисульфит калия или натрия и др.

Форсированной обработкой некоторых обращаемых киноплёнок в первом проявителе их светочувствительность можно повысить в 2—3 раза. Под форсированной обработкой понимают: увеличение продолжительности проявления, увеличение концентрации проявляющих веществ и щелочности раствора, повышение температуры раствора, применение способа интенсивного воздействия раствора на светочувствительный слой киноплёнки.

Как правило, чем энергичнее первое проявление и чем выше становится светочувствительность киноплёнок, тем ниже контрастность обращенного изображения, меньше его плотность и грубее зернистость. Объясняется это тем, что во время форсированного негативного проявления плотность вуали растёт быстрее, чем светочувствительность и плотность деталей изображения. В результате обращенный позитив будет пониженной контрастности, яркие детали объекта — как бы вуализованными, темные — недостаточно плотными. Поэтому форсированную обработку можно применять лишь для киноплёнок, специально рассчитанных на такой процесс. Эти киноплёнки помимо повышенных механических свойств отличаются от обычных тем, что при увеличении светочувствительности контрастность почти не изменяется и не повышается плотность вуали.

Отбеливание — перевод металлического серебра, образующего негативное изображение на киноплёнке, в растворимую соль серебра. Удаление серебряного негативного изображения осуществляют растворами, содержащими окислитель: двуххромовокислый калий, марганцовокислый калий, сульфат церия и др. Обычно отбеливающие растворы (кроме окислителя) содержат вещества, способствующие лучшему протеканию процесса.

Наиболее часто применяются растворы с двуххромовокислым калием и серной кислотой.

В отбеливающем растворе обрабатываемые киноплёнки постепенно светлеют и приобретают желто-бурую окраску. Отбеливание считается законченным, когда исчезнут следы негативного изображения. Завышенное время обработки киноплёнок в отбеливающем растворе усиливает пропитку эмульсионного слоя окислителем, который может окрасить позитивное изображение. Заниженное время обработки киноплёнок в отбеливающем растворе, а также обработка в истощенном растворе или в растворе, имеющем пониженную температуру, приводит к сохранению части негативного изображения. Это сохранившееся изображение делает обращенный позитив серым, как бы вуалированным, с плохо различимыми деталями.

На разные киноплёнки отбеливающие растворы действуют неодинаково по продолжительности операции и окраске эмульсионного слоя. Поэтому иногда для обработки киноплёнок необходимо подобрать концентрацию веществ в растворе и их соотношение друг с другом.

Осветление — устранение общего окрашивания киноплёнок, которое возникает при их отбеливании. Это окрашивание загрязняет обращенное позитивное изображение. Кроме того, в фотографическом слое киноплёнки может сохраниться некоторое количество окислителя, например двуххромовокислого калия, который мешает последующим операциям обработки, препятствует второму проявлению и т. д. Для обесцвечивания киноплёнок и для удаления окислителя применяют осветляющий раствор, содержащий большое количество сульфата натрия или бисульфата натрия, иногда к ним добавляют немного тиосульфата натрия. Во время обработки киноплёнки постепенно теряют желто-бурую окраску. Операция закончится, когда окраска полностью исчезнет.

Осветляющий раствор очень быстро портится вследствие окисления и разбавления водой, заносимой киноплёнками. По мере порчи раствора снижается степень обесцвечивания. Наличие даже слабой окраски эмульсионного слоя говорит о неполноценности операции. Поэтому осветляющий раствор обновляют чаще, чем все другие.

Засветка — экспонирование киноплёнок для образования скрытого позитивного изображения.

Экспонирование осуществляют диффузно-рассеянным светом, равномерно действующим на всю площадь киноплёнки, иногда на обе стороны одновременно. Засвеченная киноплёнка приобретает сиреневый оттенок. Экспонирование может быть полным, обеспечивающим участие всего галогенида серебра в образовании позитивного изображения, или регулируемым, позволяющим управлять плотностью и контрастностью позитивного изображения.

Завышенное экспонирование киноплёнки может дать отрицательные результаты, если возникнет явление соларизации. Однако соларизация возникает только при чрезмерно большом действии света на светочувствительный слой и далеко не на всех видах киноплёнок.

Неполная засветка киноплёнок (делающая возможным к восста-

новлению часть галогенидов серебра) возможна в ряде случаев, например если во время съемки экспозиция была недостаточной (неодержка) или объект имел очень большой интервал яркостей. Позитивы таких изображений при полном засвечивании окажутся повышенной плотности. При уменьшении засветки киноплёнок позитивное изображение будет строиться из меньшего количества серебра, особенно яркие детали объекта.

Сокращением экспозиции при засветке киноплёнки можно изменить характеристическую кривую, понизить максимальные плотности, что приведет к увеличению фотографической широты и светочувствительности. Сокращают экспозицию путем уменьшения времени или освещенности. Причем сокращение должно быть довольно значительным по сравнению с нормальным, рассчитанным на максимально возможную плотность обрабатываемых киноплёнок. Регулируют экспозицию для засвечивания по пробам от рабочего материала. Однако регулированием экспозиции больших положительных результатов достигнуть нельзя. Второе проявление — операция, во время которой оставшиеся галогениды серебра, экспонированные при засветке киноплёнки, восстанавливаются проявителем и образуют позитивное изображение объекта съемки.

Для второго проявления применяют растворы, подобные первым проявителям, но без роданистых солей, способных вызвать вуаль на позитивном изображении. Как правило, второе проявление должно полностью восстановить галогениды серебра, оставшиеся после всех предыдущих операций в киноплёнке. Иногда, изменяя продолжительность второго проявления, регулируют плотность и контрастность позитивного изображения. Чем недопроявленное киноплёнка, тем меньшей плотности и контрастности будет позитив. Однако возможности исправления позитивного изображения путем регулирования второго проявления весьма ограничены.

При чрезмерно длительном втором проявлении на позитиве могут появиться пятна, и вместо нейтрально-серого он может стать желто-коричневым. Если позитивное изображение получилось с зеленоватым оттенком, следовательно, второй проявитель был слишком концентрированным.

Для второго проявления пользуются растворами, которые образуют позитивное изображение без предварительной засветки киноплёнок. Эти проявители содержат помимо обычных веществ еще и вуализующие, восстанавливающие галогениды серебра. В качестве таких веществ применяют хлористое олово, гидразин и др.

Вуализующие вещества могут быть введены и в осветляющий раствор, который в данном случае заменит операцию проявления.

Второе проявление в некоторых процессах заменяют чернением. Для чернения используют растворы, содержащие гидросульфит натрия (дитионит натрия), сернистый натрий, содержащие гидросульфит натрия, переводящие галогениды серебра в металлическое серебро или в труднорастворимую соль серебра типа сульфида серебра.

Обработка киноплёнки проявляющим раствором с вуализующим или чернящим веществом позволяет исключить процесс засветки, и

тем самым предохраняет изображение от полос, возникающих из-за неравномерного освещения кинопленки. Исключение засветки упрощает и сокращает процесс обработки кинопленок. Недостатком сокращенного процесса служит то, что он не позволяет регулировать плотность и контрастность обращенного позитивного изображения.

Фиксирование — удаление галогенидов серебра, которые могли остаться в кинопленке после двух проявлений. Такого серебра бывает очень мало, однако оно может во время хранения испортить изображение.

Для удаления галогенида серебра применяют фиксирующие растворы разного состава: кислые, быстрые или дубящие. Фиксирование идет очень быстро и заканчивается через 2—4 мин.

Водная промывка — обработка кинопленки водой с целью удаления компонентов обрабатывающих растворов и веществ, возникших во время обработки.

Большинство технологических процессов предусматривает водную промывку кинопленок после каждой операции. Эти промывки предохраняют растворы от воздействия друг на друга и от веществ, могущих испортить растворы. Наиболее тщательная промывка осуществляется проточной водой. Особенно важна окончательная промывка, удаляющая серебраые соли, возникающие при фиксировании. Эти соли могут разрушить изображение во время хранения кинопленок.

В табл. 24, 25 и 26 приведены режимы и рецепты для обработки черно-белых обращаемых кинопленок.

Цветные обращаемые кинопленки обрабатывают по процессам, рекомендованным фирмами. Эти процессы различны, так как различны и кинопленки. Многие процессы относятся к ускоренным, они осуществляются при повышенной температуре растворов.

Некоторые цветные обращаемые кинопленки допускают форсированную обработку, повышающую их светочувствительность. Однако, как сообщают фирмы, повышение светочувствительности кинопленки путем форсированной обработки приводит к ухудшению качества изображения: повышается зернистость и несколько искажается цвет.

Общими для всех процессов обработки цветных обращаемых кинопленок являются операции, перечисленные ниже.

Первое проявление — в процессе его образуются черно-белые частичные негативные изображения из металлического серебра в слоях кинопленки.

Первые проявители относятся к энергично работающим фенидон-гидрохиноновым или метолгидрохиноновым растворам. От постоянства состава и температуры раствора и способа обработки кинопленки в значительной степени зависит качество конечного цветного позитивного изображения. Во время первого проявления закладываются основные характеристики окончательного цветного изображения. Снижение концентрации проявляющих веществ, а также падение показателя pH раствора приводят к резкому понижению светочувствительности обрабатываемой кинопленки, к увеличению контрастности и часто к заметному повышению плотностей, которыми воспроизводятся яркие детали в позитиве, как бы вуалируя изображение.

Режим обработки черно-белых обращаемых кинопленок

Название операции	Процесс									
	отечественный		ORWO 4105		ORWO 4185		Kodak		Agfa-Gevaert	
			пролонгированность, мин	температура, °C	пролонгированность, мин	температура, °C	пролонгированность, мин	температура, °C	пролонгированность, мин	температура, °C
1-е проявление	4	20±0,5	5—7	20±0,3	4	24±0,5	120	20±0,3	2	20±0,5
Промывка	2	12—15	4	12—15	2	20—24	30	19—20	1	18—22
Отбеливание	4	19—21	2	19—21	1—2	24±1	50	20±1	2	19—21
Промывка	2	12—15	2	12—15	1	20—24	30	19—20	1	18—22
Обесцвечивание	2	19—21	2	19—21	1	20—24	30	20±1	1	19—21
Промывка	2	12—15	2	12—15	1	20—24	30	19—20	1	18—22
8000 — 10 000 лк.с										
Засветка	3—4	20±0,5	2	20±0,5	1—1,5	24±0,5	50	20±0,5	1	19—21
2-е проявление	2	12—15	1	12—15	1	20—24	30	19—20	1	19—21
Промывка	2	19—21	2	19—21	1	20—24	50	19—20	1	19—21
Фиксирование	4	12—15	6	12—15	3	20—24	60	19—20	3	19—21

Рецепты проявляющих растворов для обработки черно-белых обрабатываемых киноленок

Наименование вещества	Процесс							
	отечественный		ORWO 4105, 4185		Kodak		Agfa-Gevaert	
	1-й проявитель	2-й проявитель	1-й проявитель	2-й проявитель	1-й проявитель	2-й проявитель	1-й проявитель	2-й проявитель
Метол, г/л	2	5	0,2	0,2	0,6	1	0,6	1
Гидрохинон, г/л	15	6	10	10	20	20	20	20
Сульфит натрия безводный, г/л	75	40	25	25	50	50	50	50
Сода безводная, г/л	31	31	20	20	—	—	—	—
Едкий калий, г/л	8	—	5	5	20	15	20	15
Роданистый калий, г/л	6	—	6	—	6	—	7,2	—
Бромистый калий, г/л	18	2	6	6	8	5	8	5
Йодистый калий, г/л	—	—	—	—	—	0,25	—	0,25
Сульфат натрия, г/л	15	—	—	—	—	—	—	—
Гексаметафосфат натрия, г/л	—	—	2	2	—	—	2	2

Рецепты вспомогательных растворов для обработки черно-белых обрабатываемых киноленок

Наименование вещества	Процесс									
	отечественный		ORWO 4105, 4185		Kodak		Agfa-Gevaert			
	отбеливающий	обесцвечивающий	фиксирующий	отбеливающий	отбеливающий	обесцвечивающий	фиксирующий	отбеливающий	обесцвечивающий	фиксирующий
Двухромовокислый калий, г/л	9,5	—	—	10	9,5	—	—	9,5	—	—
Тиосульфат натрия, г/л	—	—	250	—	—	330	—	—	—	300
Сульфит натрия безводный, г/л	—	90	—	—	—	100	7,5	—	100	10
Метабисульфит калия (натрия), г/л	—	—	—	—	—	—	(90)	—	—	—
Борная кислота, г/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
Хлористый аммоний, г/л	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—
Квасцы алюмокалиевые, г/л	—	—	—	—	—	—	22	—	—	20
Гексаметафосфат калия, г/л	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Серная кислота концентрированная, мл/л	10	—	—	15	12	—	—	12	—	—
Уксусная кислота 28%, мл/л	—	—	—	—	—	—	20	—	—	10

Завышенная концентрация проявляющих веществ или увеличение показателя pH раствора служит причиной перепроявления киноплёнки, что приводит к понижению плотности, насыщенности цвета в цветном позитиве. В наибольшей степени перепроявление отражается на верхнем светочувствительном слое, в котором при дальнейшей обработке образуется изображение из желтого красителя. В верхнем слое диффузия компонентов проявителя и продуктов реакции из слоя идет быстрее, чем в других, вследствие более выгодного расположения верхнего слоя в киноплёнке. При перепроявлении верхнего слоя в нем расходится серебра больше, чем следует. В результате серебра будет недостаточно для образования желтого красителя, что приведет к нарушению цветного баланса. В позитивном изображении станет преобладать синий цвет.

В первый проявитель вводят роданистые и йодистые соли. Роль их в образовании черно-белых серебряных изображений весьма значительна. Роданистые соли существенно ускоряют процесс за счет усиления физического проявления, протекающего одновременно с химическим. Помимо общего ускорения процесса проявления и повышения светочувствительности обрабатываемых киноплёнок присутствующие в первом проявителе роданистые соли способствуют значительному уменьшению минимальных плотностей, образующих изображение ярких деталей в цветном позитиве. Объясняется это тем, что сильно экспонированные участки киноплёнки, соответствующие ярким деталям объекта съёмки, всегда содержат мелкие мало-чувствительные и неспособные восстановиться во время первого проявления микрокристаллы галогенида серебра. Эти микрокристаллы после интенсивной засветки и второго проявления восстанавливаются и как бы вуалируют изображение. Роданистые соли в первом проявителе растворяют мелкие микрокристаллы, тем самым препятствуя их восстановлению и вуалированию изображения.

Однако повышенная концентрация роданистых солей в проявителе ухудшает качество изображения — понижая минимальные плотности и контрастность в цветном позитиве. Наоборот, пониженная концентрация роданистых солей в проявителе повышает максимальные плотности и контрастность в цветном позитиве.

Концентрация роданистых солей в проявителе неодинаково действует на светочувствительные слои киноплёнок. Соли сильнее влияют на средний слой, чем на два других, что отражается на цветном позитиве.

На качество цветного позитива оказывают большое влияние йодистые соли, вводимые в очень малых количествах в первый проявитель. Основное их назначение — затормозить проявление верхнего светочувствительного слоя, склонного к перепроявлению. Йодистые соли, адсорбируясь на микрокристаллах галогенида серебра, образуют на их поверхности труднорастворимые комплексы, замедляющие процесс проявления в верхнем слое.

Повышенная концентрация йодистых солей в растворе приводит к значительному торможению проявления верхнего слоя, что служит причиной увеличенного выхода желтого красителя в цветном позитиве.

Чрезмерно большое количество йодистых солей (по сравнению с рецептом) препятствует проявлению и других светочувствительных слоев, в результате чего позитив оказывается очень плотным, с плохо различимыми деталями. Кроме того, йодистые соли в зависимости от концентрации в проявителе могут влиять на каждый светочувствительный слой, в результате позитив получится цветоискаженным.

Пониженное количество йодистых солей способствует ускорению проявления верхнего слоя и уменьшает выход желтого красителя в позитиве.

Остановка проявления — прерывает проявление негативных изображений и способствует вымыванию проявителя из киноплёнок. Останавливающий раствор содержит вещества, создающие кислую среду, например уксусную кислоту, метабисульфит калия или натрия, борную кислоту и др.

В останавливающие растворы часто вводят тиосульфат натрия, и тогда раствор называют *останавливающим* — *фиксир*ующим. Он, по существу, представляет собой слабосильный фиксирующий раствор, который, прерывая проявление, одновременно переводит галогениды серебра в растворимые серебряные комплексы. Этот раствор обычно используют после второго проявления киноплёнок, заменяя операцию фиксирования.

Засветка — экспонирование киноплёнок перед вторым проявлением. Роль ее аналогична засветке при обработке черно-белых обрабатываемых киноплёнок. Во время засветки возникает скрытое изображение в каждом светочувствительном слое обрабатываемой цветной киноплёнки. Экспонирование осуществляют белым светом, обычно с обеих сторон киноплёнки. Часто засветку совмещают с водной промывкой киноплёнки.

Второе проявление — восстановление галогенидов серебра, оставшихся после первого проявления и экспонированных при засветке киноплёнки. Одновременно с восстановлением галогенида серебра в металлическое второй проявитель переводит краскообразующие компоненты, размещенные в светочувствительных слоях, в красители, точно воспроизводящие частичные серебряные изображения. В результате второго проявления создаются три частичных позитивных изображения из металлического серебра и три из красителей — желтого, пурпурного и голубого.

Задача второго проявления — восстановить оставшиеся галогениды серебра и на участках киноплёнок, не экспонированных при съёмке, образовать из красителей нейтральное по цвету почернение. На доброкачественных киноплёнках, при правильной фотографической обработке, не освещённые при съёмке участки должны иметь бесцветную плотность не ниже 2,0.

Между первым и вторым проявлением киноплёнок существует определенная зависимость. Исследования показывают, что первый, черно-белый проявитель в значительно большей степени, чем второй — цветной проявитель, определяет качество окончательного изображения. При изменении pH первого проявителя меняется форма кривых спектрального поглощения красителей. Колебания в темпе-

ратуре первого проявителя сказываются на форме кривых спектрального поглощения красителя, причем эти изменения у разных красителей неодинаковы. Сильно и влияние состава первого проявителя, например концентрации роданистых и йодистых солей в растворе. Поэтому очень важно соблюдать заводские рекомендации по обработке киноплёнки, предусматривающие должную согласованность операций.

Второй проявитель в некоторых процессах образует цветное обращенное позитивное изображение без засветки киноплёнки до ее обработки в растворе. Такие проявители содержат специальные вуалирующие вещества. Эти вещества восстанавливают галогениды серебра без участия света и образуют красители в фотографических слоях из краскообразующих компонент.

Для улучшения цветовоспроизведения используют эффект взаимного влияния светочувствительных слоев цветной обрабатываемой киноплёнки. Этот эффект заключается в том, что при проявлении верхние слои оказывают влияние на нижние, и, наоборот, нижние на верхние. Например, вследствие влияния нижнего, красочувствительного слоя уменьшается вредная регистрация голубого изображения зеленочувствительным и особенно синечувствительным слоями киноплёнки. В результате улучшаются их цветоделительные характеристики.

Степень действия эффекта зависит от первого проявления киноплёнки. Так, повышение температуры первого проявляющего раствора с 25 до 30° при соответствующем сокращении времени проявления, улучшает цветоделительные характеристики киноплёнки. Дальнейшее увеличение температуры раствора заметно ухудшает цветоделение и уменьшает плотность окончательного изображения. Отрицательно сказывается и снижение температуры раствора. Поэтому, подбирая режимы обработки киноплёнок в первом проявителе, можно в некоторой степени влиять на цветоделительные характеристики изображения.

Второе проявление практически не оказывает влияния на цветоделительные характеристики. Это проявление должно обеспечить полное восстановление галогенидов серебра, оставшихся после первого проявления, иначе нельзя будет получить доброкачественное по плотности цветное позитивное изображение.

Отбеливание — обработка киноплёнок раствором окислителя с целью перевода в серебряную соль всего металлического серебра, т. е. серебра, составляющего негативное и позитивное изображение, а также серебра во вспомогательных слоях киноплёнки.

Основой отбеливающего раствора является железосинеродистый калий, двухромовокислый калий, соль трехвалентного железа и этилендиаминтетрауксусной кислоты и др.

Растворы с железосинеродистым калием наиболее реакционноспособны и быстро окисляют металлическое серебро. Будучи слабкими или нейтральными, эти растворы не разрушают красители в цветном изображении. Растворы с двухромовокислым калием окисляют серебро медленнее, реакция ускоряется при увеличении кислотности среды. Однако при повышении кислотности возникает опасность в ослаблении красителей, составляющих цветное позитивное изображение.

Таблица 27

Режим обработки цветных обрабатываемых киноплёнок

Название операции	Процесс									
	отечественный				ORWO		Kodak		AGFA-GEVAERT	
	стандартный	ускоренный	температура, °C		9465	ECO-3	VNF-1	II		
	продолжительность, мин	продолжительность, мин	температура, °C	продолжительность, мин	температура, °C	температура, °C	продолжительность, мин	температура, °C	продолжительность, мин	температура, °C
Дублирование	—	—	—	—	—	35	—	—	—	—
Нейтрализация	—	—	—	—	—	2,5	—	—	—	—
Размачивание	11—13	—	—	—	—	(30)	—	—	—	—
1-е проявление	25±0,3	4—6	30±0,3	10	25±0,3	35	—	—	—	—
Промывка	20±3	(30)	—	1	12—25	32	3(10)	37,8	(10)	25±1
Прерывание	2	1	—	2	20—25	32,2	(30)	35	3	25±0,2
Промывка	15±3	2	—	10	12—25	37,8	1	35	(45)	25±1
	5	—	—	—	20—25	37,8	—	38	(45)	23±2
8000—10000 лк·с										
Засветка	10	25±0,3	1(30)	—	25±0,3	43,3	3(35)	43,3	4(15)	25±0,2
2-е проявление	—	—	—	—	—	35	—	—	—	—
Промывка	20	12±4	10	20	12—25	37,8	3(35)	35	(30)	25±1
Промывка	3—5	20±1	3	5	20—25	35	1(30)	35	1	25±1
Промывка	5	15±3	3	5	12—25	—	1(30)	35	2	23±2
Фиксирование	5	20±1	2	5	20—25	—	1(30)	35	1	23±2
Промывка	15	15±3	—	15	20—25	37,8	1	38	1	25±1
Стабилизация	—	—	—	—	20—25	35	(30)	35	1(30)	23±2
	—	—	—	—	—	—	—	—	10	25±1

Примечание. Число в скобках показывает время в секундах.

Рецепты проявляющих растворов для обработки цветных обрабатываемых киноленок

Наименование вещества	Процесс							
	отечественный		ORWO 9465		KODAK ESO-3, VNF-4		GEVACHROME-II	
	1-й про- явитель	2-й про- явитель	1-й про- явитель	2-й про- явитель	1-й про- явитель	2-й про- явитель	1-й про- явитель	2-й про- явитель
Фенидон, г/л	0,25	—	0,25	—	0,35	—	0,5	—
Гидрохинон, г/л	4,5	—	4,5	—	5,50	—	6,0	—
ЦПВ-1, г/л	—	4,0	—	4,0	—	—	—	3,6
C-3	—	—	—	—	—	11,0	—	—
Гексаметафосфат, г/л	—	—	2,0	3,0	—	—	2,0	2,0
Трилон Б, г/л	2,0	2,0	—	—	—	—	—	—
Сульфит безводный, г/л	40,0	2,0	40,0	3,0	37,0	7,5	50,0	4,0
Сода безводная (поташ), г/л	20,0	(75,0)	(25)	(75,0)	28,2	—	25,0	25,0
Едкий натр, г/л	—	—	—	—	—	3,25	—	—
Бромистый калий (натрий), г/л	2,0	2,0	2,0	2,0	(1,3)	(0,9)	2,3	0,75
Йодистый калий, г/л	0,01	—	0,007	—	0,013	0,09	6(мл)	4(мл)
Роданистый калий (натрий), г/л	2,5	—	2,0	—	(1,38)	—	3,0	—

Продолжение табл. 28

Наименование вещества	Процесс							
	отечественный		ORWO 9465		KODAK ESO-3, VNF-4		GEVACHROME-II	
	1-й про- явитель	2-й про- явитель	1-й про- явитель	2-й про- явитель	1-й про- явитель	2-й про- явитель	1-й про- явитель	2-й про- явитель
Тринатрий фосфат, г/л	—	—	—	—	—	36,0	—	—
Бисульфит натрия, г/л	—	—	—	—	8,0	—	50	—
Бикарбонат, г/л	—	—	—	—	—	—	—	0,3
Этилендиамин, г/л	—	—	—	—	—	3,0	—	—
Диоксипиридиновая кислота	—	—	—	—	—	4,5	—	—
Бензиловый спирт, мл/л	—	—	—	—	—	4,5	—	—
Полиглицоль	—	—	—	—	—	—	5,0	—
Активатор (фирмы), г/л	—	—	—	—	—	—	—	2,5
Умягчитель 4 (фирмы), г/л	—	—	—	—	—	3,0	—	—
Обрабатывающее вещество А-1 (фирмы), г/л	—	—	—	—	—	0,07	—	—

Рецепты вспомогательных растворов для обработки цветных обрабатываемых киноплёнок

Название вещества	Процесс									
	отечественный		ORWO 9165		KODAK, VNF-1, ESO-3		GEVACHROME-II			
	отбели- вающий	фикси- рующий	отбели- вающий	фикси- рующий	отбели- вающий	фикси- рующий	препара- ционный	стабили- зирующий	отбелива- ющий	фиксиру- ющий
Феррианид калия (нат- рий), г/л	400	—	—	—	245	—	—	—	40	—
Персульфат калия, г/л	—	—	100	—	45	—	—	—	—	—
Бромистый калий (нат- рий), г/л	35	—	15	—	(37)	—	—	—	30	—
Фосфат натрия однозаме- щенный, г/л	5,8	—	25	—	—	—	—	—	—	—
Фосфат калия двузамещен- ный, г/л	4,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Бура, г/л	—	—	—	—	1	—	—	—	6	—
Бисульфит натрия, г/л	—	—	—	—	3,6	—	—	—	10	—
Поливинилпирроль, г/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EDTA — Na ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Тиосульфат натрия, (ам- мония), г/л	—	160	—	—	—	204	—	—	—	(175)
Сульфат аммония, г/л	—	80	—	—	—	—	—	—	—	—
Сульфит безводный, г/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
Ацетат натрия, г/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Уксусная кислота, ледя- ная мл/л	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Едкий натр, г/л	—	—	—	—	—	9	30	—	5	—
Формальдегид 37%-ный, мл/л	—	—	—	—	—	—	1,65	—	—	—
Умягчитель (фирма), г/л	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—
Стабилизатор (фирма), г/л	—	—	—	—	—	2	—	0,14	—	—

Примечание. Количество вещества в скобках соответствует веществу — заменителю.

ние. Различие в действии этих растворов состоит в том, что двухро-
мовокислый калий дубит эмульсионный слой на участках окисления
серебра и тем самым повышает прочность слоя. Железосинеродистый
калий в малых концентрациях не влияет на физико-механические
свойства киноплёнок, при больших концентрациях размягчает эмуль-
сионный слой, что значительно снижает его прочность.

Отбеливающий раствор, содержащий железосинеродистый калий
и двухромоокислый калий, более экономичен, позволяет ускорить
процесс и повысить прочность фотографического слоя. Такой раствор
улучшает и визуальную резкость цветного изображения.

Часто в отбеливающий раствор вводят тиосульфат натрия, чтобы
одновременно с окислением серебра происходило и его растворение.
Объединение двух операций технологически целесообразно, однако
присутствие в растворе окислителя и тиосульфата натрия делает рас-
твор непрочным. Поэтому отбеливающие-фиксирующие растворы кон-
тролируют особенно тщательно и часто освежают их или меняют.

Некоторые из отбеливающих растворов содержат специальные
вещества, например бромиды, фосфаты, полнокс и др., ускоряющие
процесс и повышающие его стабильность.

Фиксирование — операция по превращению серебряной соли,
возникшей во время отбеливания киноплёнки, в растворимую соль
серебра. Основным веществом в растворе является тиосульфат натрия
или аммония. Раствор может быть слабощелочным и дубящим.

Стабилизация — завершающая операция при обработке обра-
щаемых киноплёнок. Цель ее — повысить устойчивость красителей в
цветном изображении. Эти растворы обычно содержат дубящие ве-
щества.

В табл. 27, 28, 29 приведены режимы и рецепты для обработки
цветных обрабатываемых киноплёнок.

§ 31. Обращенное изображение

Оценивая экспозицию, которой подвергалась обрабатываемая киноплён-
ка, необходимо помнить, что изображение повышенной плотности по-
лучается при недостаточной экспозиции, а изображение заниженной
плотности — из-за избытка экспозиции.

Объяснить появление изображений, отличных от традиционных,
можно следующей схемой: правильная экспозиция при съемке на
черно-белую обрабатываемую киноплёнку делает способными к проявле-
нию 50% микрокристаллов галогенида серебра, содержащегося в све-
точувствительном слое. Во время первого проявления все экспониро-
ванные галогениды серебра переходят в зерна металлического серебра.
Следовательно, на негативное изображение расходуется
половина серебра киноплёнки. Столько же серебра остается на образо-
вание позитивного изображения, создаваемого вторым проявле-
нием киноплёнки. В результате негативное и позитивное изображе-
ния будут уравновешены по количеству серебра и правильно воспро-
изведут объект съемки.

Если съемка велась с недостаточной экспозицией (недодержка), то галогенидов серебра, способных к восстановлению первым проявителем, окажется меньше 50%. Следовательно, при нормально проведенном первом проявлении на негативное изображение будет использовано меньше 50% галогенидов серебра. В результате в киноплёнке будет избыток галогенида серебра, подлежащего восстановлению вторым проявителем. За счет этого избытка образуется позитивное изображение повышенной плотности. Чем сильнее недодержка при съемке, тем плотнее будет позитивное изображение на обрабатываемой киноплёнке.

Если съемка велась с избыточной экспозицией (передержка), галогенидов серебра, способных к восстановлению первым проявителем, будет больше 50%. При нормально проведенном первом проявлении на негативное изображение будет использовано больше 50% серебра. В результате после второго проявления позитивное изображение окажется пониженной плотности. Чем больше будет передержка при съемке, тем меньшей плотности станет позитивное изображение на обрабатываемой киноплёнке.

Рассмотренная схема получения обращенного изображения на черно-белой киноплёнке может быть распространена и на цветное обращенное изображение. В этом случае схема усложняется, так как цветное изображение строится в трех светочувствительных слоях киноплёнки, на каждый из которых экспозиция может действовать различно.

Для телевидения, которое широко пользуется обрабатываемыми киноплёнками, объект съемки должен иметь интервал яркостей не больше, чем 1,4, это значит, что самая темная деталь отражает 3%, а наиболее светлая — 60% света. Такого интервала яркостей объекта достигают выбором его освещения, подбором деталей в объекте, исключением излишних черных и белых элементов и другими средствами. При съемке предпочтение отдают крупным и средним планам, так как общие планы плохо воспроизводятся на экране телевизора.

Обрабатываемые киноплёнки имеют повышенную контрастность и небольшую фотографическую широту, поэтому большие трудности возникают при воспроизведении вечерних и ночных объектов, особенно если снимают портрет и экспонируют по яркости лица, если снимают на черно-белую плёнку. При съемке на цветную киноплёнку такое экспонирование может привести к значительному нарушению баланса в изображении. Поэтому съемку вечерних и ночных эпизодов предпочитают вести при дневном освещении, создавая эффект ночного освещения включением в кадр деталей, создающих впечатление о вечернем или ночном изображении.

В результате неправильной общей экспозиции на обращенном изображении возникают детали с пониженной или повышенной плотностью.

Скленные при монтаже разные по плотности или контрасту изображения портят впечатление зрителя о фильме.

§ 32. Копии с обращенного изображения

Копии с обращенного позитива изготовляют во многих случаях: для монтажа фильма с целью сохранения первичного изображения, для получения фильма, выравненного по плотности и выправленного по цвету, для перевода изображения с одного формата кадра на другой, для тиражирования фильма и т. д.

Копии изготовляют на специальных обрабатываемых киноплёнках для печатания изображений. Эти киноплёнки мелкозернистые, имеют малую светочувствительность, близкую к обычным позитивным киноплёнкам; высокую разрешающую способность, контрастность их — около 1,0. Некоторые из этих киноплёнок снабжены магнитной дорожкой для записи фонограммы.

В большинстве случаев фотографическая обработка обрабатываемых киноплёнок для печатания копий ведется по технологическим процессам, рекомендованным для обычных обрабатываемых киноплёнок.

Печатание копий производят контактными или оптическими копировальными аппаратами. При печатании контактными способом экспонирование ведется через подложку первичного изображения, чтобы оно не оказалось зеркально перевернутым. Такое печатание несколько снижает резкость копии, но если экспонирование осуществлять направленным пучком света без рассеивателя, то потери будут очень небольшими.

Оптическое печатание позволяет получать с первичного изображения на 16-мм обрабатываемой киноплёнке копии фильмов на 35-, 16- и 8-мм киноплёнках. При иммерсионном печатании эти копии оказываются вполне доброкачественными.

Определение режима печатания копий осуществляют путем визуальной оценки изображения или с помощью цветоанализатора. Любой из способов много проще, чем применяемый при негативно-позитивном процессе.

Если печатание копий ведут копировальным аппаратом с аддитивной светооптической системой, режим печатания подбирают по схеме (табл. 30).

Таблица 30

Корректирование изображения по аддитивному способу

В копии излишне много цвета	Следует увеличить при экспонировании количество света
синего	зеленого + красного
зеленого	синего + красного
красного	синего + зеленого
желтого	синего
пурпурного	зеленого
голубого	красного

Когда печатают копии по субтрактивному способу, при экспонировании используют корректирующие светофильтры повышенной

плотности того цвета, который следует ослабить в изображении. Подбор светофильтров ведут по схеме, указанной в табл. 34.

Таблица 34
Корректирование изображения по субтрактивному способу

В копии излишне много цвета	Следует увеличить при экспонировании плотность светофильтра
синего	желтого
зеленого	пурпурного
красного	голубого
желтого	пурпурного + голубого
пурпурного	желтого + голубого
голубого	желтого + пурпурного

§ 33. Исправление обращенного изображения

Изображение на обращаемых киноплёнках чаще, чем на других киноплёнках, оказывается неполноценным по плотности, контрастности, тональности и цвету.

Разноплотность, разноконтрастность и разноцветность изображения зависят от вида объекта съемки и его освещения, от общего и внутрикадрового экспонирования при съемке, от свойств киноплёнок и от технологического процесса обработки. Степень дефекта тем сильнее, чем больше нарушены условия, предусмотренные процессом обращения.

Дефекты особенно заметны, если фильм смонтирован из первичных изображений, проецируемых непосредственно на экран.

Возможности исправить цветное изображение путем обработки в фотографических растворах практически нет, так как большинство рекомендованных растворов во время обработки киноплёнок действуют на все слои. Степень ослабления или усиления частичных изображений зависит от многих трудно управляемых факторов. В результате редко удается сбалансировать цветное изображение. Также невозможно равномерно ослабить или усилить цветное изображение.

Первичные изображения исправляют печатанием на обращаемые или контристные киноплёнки. Разноплотность и разноцветность изображения легко устранить во время печатания, подбирая экспозиции и спектральный состав печатающего света в копировальном аппарате.

Изображения на черно-белых обращаемых киноплёнках можно исправить по плотности и контрастности обработкой в ослабляющих или усиливающих растворах.

Ослабляющие растворы позволяют сделать изображение более прозрачным, понизить или повысить контрастность и удалить почернения на светлых деталях в позитиве.

Усиливающие растворы применяют для повышения плотности и изменения контрастности изображения.

Усиливающие растворы применяют редко, потому что большинство из них окрашивает изображение и незначительно повышает плотность деталей.

Характер действия растворов зависит от их состава, продолжительности обработки и свойств киноплёнки. Некоторые растворы изменяют тон обработанного изображения — оно может окраситься коричневым, красноватым и т. д. В результате чего позитив, исправленный по плотности или контрастности, будет недоброкачественным по тону.

Поэтому, подбирая процесс для исправления, следует оценивать его не только по создаваемой плотности или контрастности, но и по тону, в который окрашивается изображение.

Процессы исправления ведут в машинах, подобных проявочным, как правило, в малогабаритных, требующих небольшого количества растворов, которые быстро портятся. Режимы обработки киноплёнок устанавливают по пробам.

§ 34. Монтаж обращенных позитивов

Монтаж обращенных позитивов аналогичен монтажу режиссерских позитивов, однако имеет некоторые технические особенности. Эти особенности обусловлены тем, что между кадриками на 16- и 18-мм киноплёнках очень небольшие расстояния, и тем, что обращенное изображение является оригиналом и его порча недопустима. Вследствие этого монтаж обращенных позитивов ведут в условиях, исключающих возможность каких-либо повреждений киноплёнки. Это сложно, так как при монтаже киноплёнку многократно перематывают, отбирая нужные фрагменты и устанавливая их длину.

Монтаж осуществляют на монтажном столе с кинопроекторным устройством, которое имеет оптический компенсатор, позволяющий просматривать изображение на маленьком экране при непрерывном движении киноплёнки. Большинство монтажных столов снабжены звуковыми блоками, позволяющими одновременно с просмотром изображения прослушивать фонограмму, записанную на магнитную ленту.

Просматривая киноплёнку на монтажном столе, монтажник отбирает фрагменты. Точно подрезанные по длине куски киноплёнки размещает в монтажном порядке, а затем склеивает их в общий рулон. Склеивание выполняют на прессах, с помощью липкой ленты или электросвариванием. Предпочтение следует отдать электросвариванию киноплёнки, так как этот способ обеспечивает чистые и прочные склейки.

Склеивание фрагментов обычно производят с конца части. Первым на стандартную бобышку — сердечник — наматывают защитный ракорд, затем к нему поочередно подклеивают все остальные фрагменты. Заканчивают монтаж подклейкой защитного ракорда к первому фрагменту.

Монтируя фильм, снятый на 16-мм обращаемой киноплёнке, необходимо следить за тем, чтобы не включались изображения, сделан-

Дефекты обращенного изображения

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины возникновения дефекта
180	Вуаль пурпурная	Киноплёнка после цветного проявления промывалась неудовлетворительно
181	Вялое изображение	Черно-белое проявление было недостаточным
182	Изображение одновременно позитивное и негативное	Недостаточная обработка в окисляющем растворе
183	Киноплёнка после съёмки и обработки не имеет изображения	Киноплёнка до съёмки была засвечена
184	Контрастное изображение	Недостаточная обработка в первом проявителе
185	Коричневый налет на фотографическом слое	Недостаточная обработка в окисляющем и фиксирующем растворах
186	Края за перфорациями прозрачные	а) Недостаточная обработка во втором проявителе; б) недостаточная засветка перед вторым проявлением
187	Крупнозернистое изображение	Недостаточная обработка в первом проявителе и завышенная — во втором проявителе
188	Недостаточное по плотности изображение	а) Избыточная экспозиция при съёмке, б) завышенная обработка в первом проявителе, в) недостаточная обработка во втором проявителе, г) недостаточная засветка перед вторым проявлением
189	Непрозрачны яркие детали в изображении	а) Неполное разрушение негативного изображения в окисляющем растворе, б) недостаточная обработка в первом проявителе
190	Одноцветное или двухцветное изображение	Съёмка происходила с неправильным светофильтром на объективе
191	Одноцветные детали воспроизведены разными цветами	а) Разбалансирована киноплёнка, б) нарушено балансирование во время обработки киноплёнки, в) объект освещался разными по спектральному составу источниками
192	Очень прозрачное изображение	а) Завышенная экспозиция при съёмке, б) завышенная обработка в первом проявителе, в) недостаточная засветка перед вторым проявлением, г) недостаточная обработка во втором проявителе
193	Плотное изображение	а) Недостаточная экспозиция при съёмке, б) недостаточная обработка в первом проявителе

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины возникновения дефекта
194	Разной плотности изображения в фильме	а) Фильм смонтирован из неправильно экспонированных или обработанных изображений, б) объекты очень отличались по интервалу яркостей
195	Разноцветное изображение в фильме	а) Киноплёнки разбалансированы по слоям, б) условия освещения объектов не соответствовали балансу киноплёнок
196	Серое изображение	а) Оба проявителя истощены при нормальной продолжительности обработки, б) недостаточна засветка перед вторым проявлением, в) недопроявление во втором растворе
197	Тон изображения желто-бурый	а) Недостаточная обработка в осветляющем растворе, б) чрезмерно длительная обработка в окисляющем растворе, в) очень концентрированный окисляющий раствор, г) недостаточная промежуточная промывка
198	Тон изображения желто-зеленый	Первое проявление происходило при низкой температуре или при недостаточном перемешивании раствора
199	Тон изображения красноватый	Объект снимали при лампах накаливания на киноплёнке, сбалансированной под дневной свет
200	Тон изображения синеватый	Объект снимался при дневном освещении на киноплёнке, сбалансированной к лампам накаливания
201	Фильм, в котором часть изображений перевернута зеркально, а часть правильно воспроизводит объект	Фильм склеен из изображений, сделанных на обращаемых и позитивных киноплёнках, фотографическими слоями в одну сторону

ные по негативно-позитивному процессу. Потому что обычное склеивание киноплёнок фотографическим слоем в одну сторону при включении позитива, напечатанного с негатива, явится причиной появления зеркально перевернутого изображения.

§ 35. Контроль обращенного изображения

Дефекты, свойственные только обращенным изображениям, приведены в табл. 32.

Контрастирование — процесс получения дубликатов изображения.

Потребность в контрастировании возникает при создании комбинированных изображений, использовании хроникально-документальных материалов, при переводе изображения с одного формата кадра на другой, при дублировании, тиражировании фильма и т. д.

Процесс контрастирования может быть одностадийным,

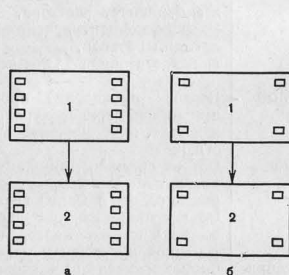


Рис. VI.1. Схема одностадийного контрастирования: а) 1 — негатив, 2 — контраст; б) 1 — обращенный позитив, 2 — контраст

при котором непосредственно с негатива или обращенного позитива изготавливают контраст — негативное изображение (рис. VI.1), и двухстадийным, когда с негатива делают промежуточный позитив, затем с него — контраст (рис. VI.2).

Задача процесса контрастирования — получить изображение, идентичное первичному по градационным характеристикам, цветовоспроизведению и передаче мелких деталей. Эта задача может быть решена, если:

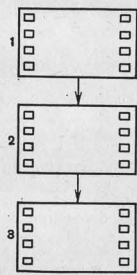


Рис. VI.2. Схема двухстадийного контрастирования: 1 — негатив, 2 — промежуточный позитив, 3 — контраст

используемые для контрастирования киноплёнки мелкозернисты, а цветные сбалансированы по контрастности светочувствительных слоев;

копировальные аппараты обеспечивают резкость в напечатанных изображениях;

контрастированные изображения размещаются на прямолинейных участках характеристических кривых киноплёнок;

фотографическая обработка киноплёнок не вызовет появления эффектов направленного проявления, нарушения баланса слоев и других дефектов.

Практически удается выполнить три последних требования: подобрать киноплёнки и экспозиции для печатания, чтобы весь интервал плотностей изображения размещался на прямолинейном участке характеристических кривых киноплёнок; проявить промежуточный позитив и контраст при таком режиме, который обеспечит произведение контрастности, равное единице ($\gamma_{\text{упр. поз}} \times \gamma_{\text{контр}} = 1,0$); проявить обрабатываемые контрастные киноплёнки до контрастности, равной единице ($\gamma_{\text{обр}} = 1,0$).

В целях создания оптимальных условий контрастирования используют наиболее мелкозернистые киноплёнки, применяют прецизионную копировальную аппаратуру и проявочные машины с наименьшим выявлением эффектов проявления.

Однако в позитиве, напечатанном с контраста, почти всегда заметно ухудшение тоновоспроизведения в черно-белом и цветосвоспроизведения — в цветном изображении, а также в детализованности и зернистости. Ухудшения происходят из-за градационных искажений, вызванных влиянием смежных мест; цветоделительных искажений, из-за неполноценности цветных киноплёнок, несовершенства кривых поглощения красителями, образующими цветное изображение; уменьшения разрешения мелких деталей изображения вследствие применения многослойных систем киноплёнок, недостаточного контакта между печатаемыми слоями или неточностью фокусирования оптических изображений, увеличения зернистости, обусловленной структурным строением изображения.

Процесс контрастирования снижает качество изображения, особенно деталей в светах и тенях, если при печатании используют и криволинейные участки характеристических кривых киноплёнок

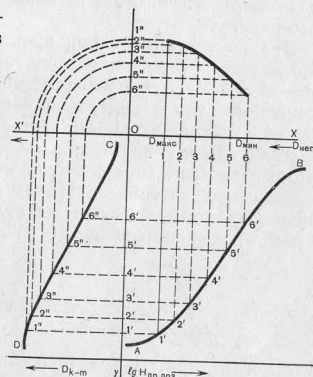


Рис. VI.3. Градационные искажения при использовании криволинейного участка характеристической кривой в процессе контрастирования

(рис. VI.3). Еще более заметными становятся градационные и цветоделительные искажения, когда контратипируют цветное изображение с использованием начальных и конечных криволинейных участков характеристических кривых киноплёнки.

Каждый повторный процесс контратипирования снижает качество изображения. Дефекты усиливаются непропорционально сильно по отношению к количеству повторных процессов контратипирования, т. е. когда окончательный контратип изготавливают путем ряда последовательных операций: негатив — промежуточный позитив — контратип — промежуточный позитив — контратип и т. д. Чем больше операций участвует в процессе контратипирования, тем заметнее ухудшается изображение. В результате оно может походить на клишированное, состоящее из полос и пятен. Поэтому многократное контратипирование применяют в исключительных случаях.

Как правило, при контратипировании изображения исправляют по плотности и цветовоспроизведению. Выправленные промежуточные позитивы и контратипы удобны для последующего использования, например для тиражирования фильма. С таких изображений можно вести печатание с одной экспозицией копировального аппарата, что упрощает работу и исключает ошибки, возможные из-за порчи паспортного механизма копировального аппарата, экспозиционного паспорта и т. д.

При контратипировании принимают меры, чтобы киноплёнки не запялились, не паралились, не терлись и т. д., так как эти дефекты пропечатываются в последующие изображения. Негатив, промежуточный позитив и контратип периодически подвергают чистке, а в случае необходимости — и реставрации. Повышенные требования предъявляют и к печатанию изображения. Почти всегда пользуются копировальными аппаратами с иммерсионным способом печатания, отдавая предпочтение аппаратам с прерывистым передвижением киноплёнок, чтобы избежать их скольжения относительно друг друга в момент экспонирования.

§ 36. Контратипирование черно-белого изображения

Для контратипирования черно-белых изображений пользуются комплектом из двух киноплёнок: дублипозитивной и дублинегативной, подобранных по характеристическим кривым так, чтобы результирующий коэффициент контрастности ($\gamma_{\text{пром. поз}} \times \gamma_{\text{контр}}$) был равен единице. Исходя из этого требования, промежуточный позитив должен иметь $\gamma = 1,65 - 1,75$; контратип — $\gamma = 0,55 - 0,65$. Обе киноплёнки относятся к особомелкозернистым и малочувствительным. Дублипозитивные киноплёнки чувствительны до 560—580 нм, дублинегативные — до 600 нм. Эта сенсibilизация позволяет делать киноплёнки весьма малой светочувствительности и зернистости, так как за счет сенсibilизации увеличивается коэффициент полезного действия лампы в копировальном аппарате.

Таблица 33
Черно-белые киноплёнки для контратипирования

Производство	Название киноплёнки	Вид изображения
Отечественное	Дублипозитив А-2 Дублинегатив А-2	Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива
	Dup-Positivfilm DP-3 Dup-Negativfilm	Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива
ORWO	Duplicating Positive Duplicating Negative	Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива
	Dup-Positivfilm Dup-Negativfilm Reversalfilm	Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива Контратип с обращенного позитива
KODAK	5366 7366 5234 7234	Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива
	362 464 881	Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива Контратип с обращенного позитива
AGFA-GEVAERT	Duplicating Positive Duplicating Negative	Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива
		Промежуточный позитив с негатива Контратип с промежуточного позитива

Светочувствительность контрастных киноплёнок и другие их характеристики определяются по ГОСТу 10691—3—73.

Отечественные киноплёнки для контратипирования имеют следующие характеристики:

дубльпозитивная А-2 — светочувствительность 1,5—3,0 ед. ГОСТ, коэффициент контрастности — 1,4—2,0; плотность вуали — не более 0,05; оптическая плотность в начале прямолинейного участка характеристики кривой — не более 0,8; фотографическая широта — не менее 1,05; разрешающая способность — не менее 245 мм⁻¹;

дубльнегативная А-2 — светочувствительность 0,6—1,0 ед. ГОСТ, коэффициент контрастности — 0,65; плотность вуали — не более 0,05; оптическая плотность в начале прямолинейного участка характеристики кривой — не более 0,7; фотографическая широта — не менее 1,8; разрешающая способность — не менее 180 мм⁻¹.

Подобные характеристики имеют зарубежные контратипные киноплёнки (табл. 33).

Для печатания промежуточного позитива и контратипа экспозиции определяют по пробным изображениям, оцениваемым визуально или с помощью денситометра. Экспозиции подбирают с таким расчётом, чтобы изображение размещалось на прямолинейном участке характеристической кривой и воспроизводило максимальное количество деталей.

В промежуточном позитиве изображение должно быть несколько плотнее и менее контрастно, чем в позитиве для кинопроекции. Контратип также не должен иметь совершенно прозрачных участков даже в том случае, если они имелись в негативе.

Дубльпозитивные и дубльнегативные киноплёнки обрабатывают в выравнивающих проявляющих растворах, к которым относятся негативные проявители.

При контратипировании черно-белого обращенного изображения, т. е. позитивного, изготавливают только контратип. Его делают на дубльнегативной киноплёнке, проявляемой до $\gamma = 0,55—0,60$.

§ 37. Контратипирование цветного изображения

Контратипирование цветного изображения можно вести по трём технологическим схемам:

цветной негатив — цветной контратип на обращаемой дубльнегативной киноплёнке;

цветной негатив — промежуточный позитив на универсальной контратипной киноплёнке — контратип на такой же киноплёнке;

цветной позитив на обращаемой киноплёнке — цветной контратип на дубльнегативной киноплёнке.

Отечественная универсальная контратипная киноплёнка КР-6 имеет следующие характеристики: общая светочувствительность — не менее 0,10 ед. ГОСТ; баланс светочувствительности — не более 2,0; коэффициент контрастности каждого слоя — 1,0—1,15; баланс контрастности — не более 0,10; суммарная плотность вуали и маски для красочувствительного слоя — не менее 0,25, для зеленочувствительного — не менее 0,55, для синечувствительного — не менее 1,10; фотографическая широта для синечувствительного слоя — не менее 1,2; для зелено- и красочувствительного — не менее 1,5; среднеквадратичная гранулярность за зеленым светофильтром — не более 1,3; за красным — 1,6; частотно-контрастная характеристика зеленочувствительного слоя — не менее 0,45, красочувствительного — не менее 0,30.

В табл. 34 приведены киноплёнки для контратипирования цветного изображения.

По первой технологической схеме, предусматривающей одностадийное контратипирование, цветной негатив печатается на цветную обращаемую дубльнегативную киноплёнку, имеющую сенсibilизацию слоев, близкую цветной позитивной киноплёнке, с краскообразующими компонентами, подобными применяемым в негативных киноплёнках. Цветные обращаемые дубльнегативные киноплёнки относятся к особомелкозернистым материалам с весьма низкой светочувствительностью. Эти киноплёнки с классическим строением имеют в двух светочувствительных слоях краскообразующие компоненты, создающие частичные маскированные изображения, что повышает цветоделение в контратипе.

Для приведения спектрального состава экспонирующего света копировального аппарата к свойствам киноплёнки подбирают балансные светофильтры. Одновременно устанавливают и общую экспозицию, обеспечивающую размещение изображения на прямолинейных участках характеристических кривых киноплёнки с максимальной проработкой деталей в контратипе.

Обращаемую дубльнегативную киноплёнку проявляют до $\gamma_{обр} = 1,0$, определяемой по контрольной сенситограмме, впечатанной в первую часть фильма перед начальным ракордом.

Чтобы в контратипе не оказалось зеркального изображения по отношению к негативу, печатание ведут оптическим копировальным аппаратом. Если применяют контактный копировальный аппарат, то для уменьшения потери резкости изображения из-за печатания через подложку негатива экспонирование должно осуществляться направленным пучком света, без рассеивателя.

Вторая схема рассчитана на двухстадийное контратипирование. Первоначально с негатива изготавливают промежуточный позитив, затем с этого позитива делают контратип. Для промежуточного позитива и контратипа используют одну и ту же универсальную контратипную киноплёнку с классическим строением. Эта киноплёнка строго сбалансирована по контрастности слоев, два из которых имеют маскирующие краскообразующие компоненты.

Промежуточный позитив и контратип проявляют до одинакового значения $\gamma = 1,0$. Контроль проявления ведут по сенситограмме, впечатанной в первую часть фильма, перед начальным ракордом.

Для печатания промежуточного позитива с негатива используют экспозиционный паспорт, с которым был изготовлен эталонный позитив фильма. Печатают в копировальном аппарате с балансным светофильтром, согласующим спектральный состав экспонирующего

Цветные киноплёнки для контратипирования

Примечание	Название киноплёнки	Вид изображения
Отечественное	КП-М	Промежуточный позитив и контратип
	КП-6	Промежуточный позитив и контратип
	ОК-6	Обращенный контратип с негатива
	ЦПН-1	Контратип с обращенного позитива
ORWO	Dupl. n DC-2	Обращенный контратип с негатива
	Intermediate	Промежуточный позитив и контратип
	Intermediate II	Промежуточный позитив и контратип
	Reversal Intermediate	Обращенный контратип с негатива
	Internegative	Контратип с обращенного позитива

света со свойствами универсальной цветной контратипной киноплёнки. Общая экспозиция в сочетании с балансным светофильтром должна обеспечить размещение изображения на прямолинейных участках характеристических кривых киноплёнки с максимальным воспроизведением деталей в промежуточном позитиве.

С выправленного по плотности и цветовоспроизведению промежуточного позитива печатают контратип с одной экспозицией и с балансным светофильтром, подобранными к экспонируемой киноплёнке. Если промежуточный позитив не полностью выправлен, печатание контратипа ведут с экспозиционным паспортом лишь для фрагментов, требующих корректирования. К общей экспозиции при печатании контратипа предъявляют те же требования, что и к промежуточному позитиву.

Третья схема — одностадийная: контратип изготовляют непосредственно с цветного обращенного позитива. В этом случае первичный обращенный позитив выполняет функцию промежуточного позитива. Для печатания контратипа используют контратипную киноплёнку.

Изображение на цветной обрабатываемой киноплёнке часто бывает разным по плотности и цветовоспроизведению. Чтобы получить выправленный контратип, позволяющий печатать фильмокопии с одной экспозицией, необходимо составить экспозиционный паспорт. Его составляют по визуальной оценке изображения на обращенном позитиве или с помощью цветоанализатора. Экспозиции должны обеспечивать размещение изображения на прямолинейных участках характеристических кривых контратипной киноплёнки. Экспозиционный паспорт используется с балансным светофильтром, приводящим печатающий свет копировального аппарата к свойствам используемой киноплёнки.

В исключительных случаях в процессе контратипирования пытаются исправить изображение по контрастности, например выровнять по контрастности объекты, снятые при очень пасмурном или очень контрастном освещении. Для этого с неполноценного фрагмента изготовляют промежуточный позитив или контратип, подбирая для каждого фрагмента специальный режим обработки, не нарушающий баланс светочувствительных слоев. Затем эти фрагменты вклеивают в промежуточный позитив или контратип вместо неполноценных.

При переводе цветного изображения в черно-белое пользуются одной из следующих схем:

первая — цветной негатив → черно-белый промежуточный позитив на панхроматической дублипозитивной киноплёнке → черно-белый контратип на дублинегативной киноплёнке;

вторая — цветной позитив → черно-белый контратип на панхроматической дублинегативной киноплёнке.

Контратип, сделанный по первой схеме, будет иметь наибольшие тональные искажения, особенно заметные, если в контратипе и в монтируемом рядом с ним черно-белом негативе будет одно изображение. Например, один и тот же букет цветов будет передан со-

шенно различными по тону изображениями. Будет искажен и характер освещения объекта съемки.

Контратип, полученный по второй схеме, напоминает репродукцию, сделанную с цветного позитива. Благодаря тому что цветной позитив выравнен по плотности и цвету, печатание на панхроматическую дублинегативную киноплёнку ведут при одной экспозиции копировального аппарата.

Изображения, контратипированные с цветного негатива, всегда отличаются от изображений, сделанных на черно-белых негативных киноплёнках, по тональности и по резкости. Особенно оно обедняется, если цветное изображение печатают на несенсибилизированную черно-белую киноплёнку.

Сильные искажения в изображении возникают и потому, что оператор освещает объект при съемке на черно-белую киноплёнку иначе, чем при съемке на цветную.

Как правило, печатание черно-белого изображения с цветного ведут для фильма, который готовят к дублированию.

§ 38. Сквозной фотографический контроль

При фотографической обработке киноплёнки применяют сквозной фотографический контроль, цель которого — повысить качество изображения в фильме путем исключения недоброкачественных негативов. Кроме того, этот контроль стандартизирует качество рабочих, контрольных, эталонных и промежуточных позитивов, а также контратипов и фильмокопий.

Есть много систем сквозного фотографического контроля, каждая из которых основана на повышении внимания к экспозиции при съемке, к стабильности негативных, позитивных и контратипных киноплёнок, к постоянству процессов печатания изображения и фотографической обработке всех материалов.

Отечественная система контроля, предложенная НИКФИ, требует отбраковки недоброкачественных негативов по экспозиционному паспорту, с которым печатался рабочий позитив; нормирования всех позитивных и контратипных киноплёнок, участвующих в процессе; стабильной работы копировальных аппаратов и проявочных машин. Для контроля используют специальную шкалу (см. рис. IV. 2), обычно называемую покадровой. Эта шкала отличается от сенситограммы тем, что способ изготовления ее позволяет получить заданный уровень плотности, идеальный цветовой баланс и линейное соотношение плотностей в каждом слое.

Контрольную шкалу клеивают в защитный ракорд рулона негатива, поступающего по одному заказу для печатания рабочего позитива. Экспонирование шкалы ведут при обусловленном световом режиме в зависимости от типа копировального аппарата. Эта экспозиция, как правило, близка к наиболее распространенным номерам экспозиционного паспорта. Поля шкалы в рабочем позитиве должны иметь плотности, нормированные техническими условиями.

Просматривая рабочий позитив, правильно отпечатанный и фотографически обработанный, контролер изымает те негативы, которые требуют экспозиций копировального аппарата, вне норм, предусмотренных техническими условиями. Исключение составляют негативы, снятые специально, о чем оператор ставит в известность контролера.

В результате такого контроля рабочего позитива в смонтированный негатив фильма не могут быть включены изображения повышенной или пониженной плотности и с большим нарушением цветового баланса.

Контрольный и эталонный позитивы печатают со смонтированного негатива, имеющего стандартный ракорд с вклеенной контрольной шкалой. В экспозиционном паспорте для печатания каждой части фильма должна быть отдельная экспозиция, нормированная для контрольной шкалы у определенных полей с заданной плотностью.

Экспозиция, балансный светофильтр и плотности полей в напечатанной контрольной шкале зависят от используемых киноплёнок и копировального аппарата. Поэтому киноплёнки и копировальный аппарат должны быть приведены к нормированным значениям с помощью светофильтров или других устройств.

Эталонный позитив с нормированными значениями показателей контрольной шкалы и сенситограммы, отвечающими техническим условиям, передается вместе со смонтированным негативом для изготовления фильмокопий.

При тиражировании фильма с участием процесса контратипирования промежуточный позитив и контратип изготавливают с применением шкалы и сенситограмм, отпечатанных на контрольной киноплёнке. Они вклеиваются в стандартный ракорд негатива. Контрольные шкалы промежуточного позитива и контратипа измеряют в величинах копировальных плотностей.

Так в промежуточном позитиве, изготовленном на отечественных киноплёнках, максимальная (D_1) и минимальная (D_5) плотности контрольной шкалы должны соответствовать плотностям на прямолинейном участке характеристических кривых контратипной киноплёнки, а отношение величин коэффициентов контрастности ($\gamma_{\text{проп.поз}}^{\text{сск}}$) к величинам градиентов промежуточного позитива ($g_{\text{проп.поз}}^{\text{сск}}$) должно быть равно единице с допусками не более 0,15.

Отдельные части фильма в промежуточном позитиве не должны различаться между собой по величине ΔD более чем на 0,10.

В контратипе максимальная (D_5) и минимальная (D_1) плотности контрольной шкалы должны соответствовать прямолинейным участкам характеристических кривых контратипной киноплёнки, а отношение величин коэффициентов контрастности ($\gamma_{\text{ко-па}}^{\text{сск}}$) к величинам градиентов контратипа ($g_{\text{с-1 ко-па}}^{\text{сск}}$) должно быть равным единице с допусками, не более 0,15.

Отдельные части фильма в контратипе не могут различаться между собой по величине ΔD более чем на 0,15.

С цветного контратипа изготавливают контрольную фильмокопию на нормированной цветной позитивной киноплёнке. Все части филь-

мокопии печатают на одной оси позитивной киноплёнки и с одним и тем же балансным светофильтром. Фотографическую обработку частей фильмокопии производят незамедлительно на одной проявочной машине при строгом соблюдении технологического процесса. Затем по контрольной сенситограмме фильмокопии определяют градационные характеристики.

В каждой части контрольной фильмокопии должны быть отпечатки шкалы. Режимы печатания шкалы нормируются технологическим процессом, принятым на предприятии.

Оценка контрольной фильмокопии ведется по плотностям в сенситограмме и по шкале, измеряемым в величинах ВЭСП. Затем по этим плотностям строят характеристические кривые и оценивают градационные характеристики.

Визуально контрольная фильмокопия с контратипа по плотности, цветовоспроизведению и прочим характеристикам должна быть близкой к эталонному позитиву, изготовленному с негатива.

При процессе со сквозным фотографическим контролем могут возникнуть некоторые затруднения, если фильм смонтирован из негативов из отечественной и зарубежной киноплёнок или если в цветной фильм включены черно-белые фрагменты. Отступление от норм, установленных сквозным контролем, допустимо в случаях, когда фильмокопии изготовляют на нестандартных позитивных киноплёнках.

При сквозном фотографическом контроле используется расчетный способ. Рациональнее этот контроль осуществлять с помощью автоматических систем управления технологическим процессом. Такая система (АСУТП) разрабатывается НИКФИ. Она позволит сделать сквозной фотографический контроль оперативным и более производительным. Система нормирует цепь: киноплёнка — копировальный аппарат — проявочная машина — на основании сенситометрических испытаний всех киноплёнок, участвующих в процессе, цветоделительных систем копировальных аппаратов, цветоанализаторов, денситометров и другой аппаратуры. Система предусматривает группирование киноплёнок, распределение их по частям фильма и копировальным аппаратам и комплектацию фильмокопий. Осуществляется система средствами автоматики, сопряженными с вычислительными комплексами.

В некоторой степени к контратипированию можно отнести съемку изображения с экрана кинескопа, запись изображения электронным лучом на киноплёнку, перевод изображения с магнитной ленты на киноплёнку и, наоборот, с киноплёнки на магнитную ленту.

Эти электронно-фотографические и фотографическо-электронные процессы необходимы во многих случаях. Например, когда фильм нужен для повторных телепередач, или фильм, записанный на магнитную ленту, из-за различий в стандартах телевизионных систем не может быть использован при международном обмене, или фильм на магнитной ленте требуется для показа в кинотеатре и т. д.

Технология получения этих изображений различна и пока сложна. Однако она очень перспективна для кинематографии и телевидения.

§ 39. Трансформированные изображения

В фильмах нередко есть трансформированные изображения, имитирующие графику, барельеф и др. Техника их изготовления весьма различна и обычно связана с контратипированием изображения.

Создание трансформированных изображений требует большой изобретательности и трудоемкой экспериментальной работы. Далеко не каждый объект съемки пригоден для трансформированного изображения.

Приводим краткий обзор способов получения трансформированных изображений.

Изогелия — изображение, в котором объект съемки воспроизведен ступенчато, с небольшим количеством тонов и по манере выполнения напоминает плакат.

Для изогелии необходим негатив, имеющий хорошую резкость, повышенный контраст и крупные детали. Освещение объекта должно способствовать разделению деталей.

Есть много способов изготовления изогелии. В большинстве случаев используют многократное контратипирование с использованием контрастных киноплёнок, в частности позитивных. Первоначально с негатива делают промежуточный позитив, затем с него контратип. Контратипирование последовательно повторяют несколько раз, подбирая экспозицию для печатания с таким расчетом, чтобы в каждом из изображений постепенно исчезали полутона, имевшиеся в негативе. Например, при трехкратном контратипировании первое изображение должно быть напечатано с небольшим недоэкспонированием, второе изображение — с еще большей недодержкой и третье — с такой недодержкой, при которой прорабатываются лишь самые яркие детали. Экспозиции для печатания устанавливаются по предварительным экспонграммам.

С промежуточных позитивов последовательной печатью изображение экспонируют на дублинегативную киноплёнку, затем обрабатываемую при негативном режиме. Полученный контратип вклеивают в смонтированный негатив фильма.

Процесс изготовления промежуточных позитивов и контратипов требует высокой устойчивости изображения, вследствие чего печатание этих материалов осуществляют копировальными аппаратами, имеющими контргрейфер. Поэтому все контратипирование и печатание окончательного изображения проводят на одних и тех же киноплёнках и на одном копировальном аппарате, предварительно проверенном на устойчивость кадра.

Псевдосоляризация — изображение, в котором одновременно присутствуют негативные и позитивные детали, отделенные друг от друга прозрачной каймой. Чтобы получить такое изображение, негативную киноплёнку во время проявления освещают белым или цветным светом. Галогениды серебра, экспонированные через проявляемое изображение, становятся способными к восстановлению и проявляются одновременно с первичным изображением. В результате на киноплёнке будет два изображения:

негативное и позитивное. Доля каждого из них зависит от плотности первоначально проявленного изображения, степени засветки киноплёнки и ее последующего проявления. Подбирая режимы каждого из проявлений и засветки киноплёнки, можно получить весьма различные изображения. Как правило, этот процесс осуществляют в проявочной машине, имеющей фонарь для засветки (рис. VI.4).

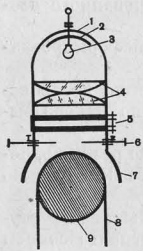


Рис. VI.4. Схема фонаря для засветки киноплёнки во время проявления: 1 — кожух, 2 — зеркало, 3 — источник света, 4 — конденсор, 5 — рамка для светофильтра, 6 — переменная щель для регулирования экспозиции, 7 — заслонка для предохранения от постороннего света, 8 — киноплёнка, 9 — барабан проявочной машины

Перемещая фонарь вдоль лентопотяжного механизма машины, устанавливают его на том участке обрабатываемой киноплёнки, который обеспечивает получение заданного изображения.

Подбирать режимы обработки негативной киноплёнки можно только в том случае, если имеются дубли для экспериментирования. Чтобы исключить порчу рабочего материала, процесс обычно ведут на контратипе, что, естественно, снижает качество изображения. Можно использовать для засветки и промежуточный позитив с последующим его контратипированием.

Псевдорельеф — изображение, кажущееся рельефным. Этот эффект создает контур вокруг деталей изображения. Чтобы получить такое изображение, негатив и позитив с него печатают, несколько смещая их относительно друг друга. От величины контура зависит впечатление от рельефа. Печатающие ведут оптическим копировальным аппаратом, позволяющим смещать изображения.

Процесс осуществляют одностадийным контратипированием, при котором сначала с негатива делают промежуточный позитив, а затем негатив печатают с этим позитивом на обрабатываемую контратипную киноплёнку. При двухстадийном контратипировании с негатива изготавливают промежуточный позитив, с него — контратип. После чего контратип печатают с промежуточным позитивом на контратипную киноплёнку. Этот контратип и монтируют с рабочим негативом фильма. Регулируя в промежуточном позитиве или в контратипе изображение по плотности, контрастности и цвету, можно создавать весьма различные изображения.

Двухцветное с черно-белых изображений. В некоторых случаях с черно-белых изображений изготавливают «цветное». Разумеется, это весьма условное цветное изображение. Техника изготовления таких изображений складывается из следующих операций.

Первоначально с черно-белого негатива делают маску на высококонтрастной позитивной киноплёнке. Затем изготавливают позитив — контрмаску на той же киноплёнке. Маску и контрмаску обрабатывают до контрастности 1,5 и с максимальной плотностью 2,0—2,5. Изображения должны иметь хорошую проработку деталей, прозрачность в светах и достаточную плотность для маскирования. Изготовив эти материалы, делают экспонogramму на цветной негативной киноплён-

ке или дубльнегативной с применением маски и контрмаски для определения экспозиционного режима под выбранными светофильтрами.

Экспонogramму обрабатывают при нормальном негативном режиме. Выбрав условия экспонирования, приступают к изготовлению окончательного изображения.

Печатающие экспонogramмы и окончательного изображения ведут на копировальном аппарате — трюкмашине. В съёмочный аппарат машины заряжают цветную негативную или контратипную киноплёнку, а в проекционный аппарат — черно-белые маски, затем в соответствии с установленным режимом и выбранным светофильтром производят первую экспозицию, по окончании которой негативную — дубльнегативную киноплёнку возвращают в исходное положение.

Маску в проекторе заменяют контрмаской и производят вторую экспозицию под другим светофильтром. После чего киноплёнку подвергают фотографической обработке. Используя несколько разных светофильтров во время первой и второй экспозиций, можно создать весьма различные изображения.

В виду того что изображение маски (негативное) по отношению к цветной дубльнегативной киноплёнке расположено глянцево-стойкой, во время печатания возникает явление дифракции, образующее контур вокруг деталей, напоминающий эффект соляризации. Меняя контрастность контрмаски, можно получать дополнительный графический эффект в изображении.

Фильмокопией называется позитив, получаемый в процессе тиражирования фильма и предназначенный для проката.

Фильмокопии состоят из рулонов (частей), имеющих стандартные начальный и конечный ракорды со специальными знаками или наклейками, по которым производится переключение кинопроекторных аппаратов для непрерывного демонстрации фильма. Часто фильмокопии имеют увеличенные по длине рулоны, содержащие несколько частей или весь фильм.

Фильмокопии для демонстрации на языке, отличающемся от оригинала фильма, имеют фонограмму, дублированную на другой язык, или субтитры в кадре.

Фильмокопии изготавливают студийные цехи обработки киноплёнки, специальные предприятия, обслуживающие несколько студий или кинокопировальные фабрики.

Важнейшее требование к фильмокопии — максимальное воспроизведение эталонного позитива фильма по изображению и звуку.

§ 40. Изображение в фильмокопии

Фильмокопии могут быть цветными или черно-белыми. Изготавливают фильмокопии с негатива, контратипа и обращенного позитива.

Тиражирование фильма — процесс чисто технический, проводимый по строгому технологическому режиму.

Малый тираж фильмокопий делают с первичных изображений: негатива или обращенного позитива — при тех же режимах печатания и фотографической обработки киноплёнки, что и при изготовлении эталонных позитивов с первичных материалов.

Фильмокопии с негатива или обращенного позитива по фотографическому изображению лучше сделанных с контратипа, так как в этом случае отсутствует промежуточный процесс — контратипирование, — понижающий резкость, увеличивающий зернистость, искажающий цветопередачу и т. д.

С негатива и с обращенного позитива можно изготовить ограниченное количество фильмокопий из-за износа первичных изображений. Поэтому негатив и обращенный позитив используют для филь-

мокопий, которые проецируются в первоэкранных кинотеатрах, при переводе изображения на больший формат, для изготовления фестивальных фильмокопий и т. д.

Негатив и обращенный позитив фильма представляют собой уникальный материал, имеющий много склеек, разные по плотности и цвету изображения, иногда с боковыми просечками между фрагментами, сложный экспозиционный паспорт и другие параметры, свойственные смонтированному изображению. Для печатания фильмокопий с этих первичных материалов необходим особый технологический процесс, исключающий механическое повреждение киноплёнки.

Негатив или обращенный позитив, предназначенные для печатания фильмокопий, должны иметь склейки повышенной прочности и чистоты, увеличенные по длине защитные ракорды, неповрежденные края киноплёнок и т. д.

Для печатания применяют копировальные аппараты небольшой производительности, имеющие иммерсионную приставку, пылеотсасывательные устройства, кассеты или магазины, исключающие холостую перемотку печатаемых киноплёнок. Также повышенной надёжности должны быть и другие узлы копировального аппарата, например механизм для переключения экспозиционного паспорта, фильм канал и др.

Массовый тираж фильмокопий печатают, как правило, с контратипа и обычно на копировальных фабриках.

Кинокопировальные фабрики имеют высокопроизводительные однотипные копировальные аппараты, проявочные машины, кинопроекционные установки и т. д. Технологические процессы на фабриках предусматривают стандартность операций и режимов; например, все копировальные аппараты одинаковы по условиям экспонирования во время печатания, поэтому лампы предварительно эталонируют и питают стабилизированным током; все проявочные машины, работающие по одному процессу, имеют объединённые системы растворов. Стандартизованы и условия контроля фильмокопий по освещённости экрана, спектральному составу света и другим показателям.

Разумеется, важнейшим фактором является стандартность позитивных киноплёнок по фотографическим и физико-техническим свойствам.

Большие студийные цехи обработки киноплёнки и кинокопировальные фабрики применяют автоматизированные системы контроля и управления организационно-технологическими, химико-фотографическими, копировальными и другими операциями. Системы используют вычислительную технику, позволяющую значительно повышать качество продукции и снижать себестоимость.

Полной автоматизации процесса тиражирования можно достигнуть в случае, когда все операции по производству фильмокопий осуществляют в одном агрегате. Такой агрегат состоит из копировального аппарата, проявочной машины, кинопроекционной установки и вычислительного устройства для оперативной обработки информации по управлению и контролю за всем процессом. При безостано-

вочном производстве фильмокопий звенья агрегата должны работать строго синхронно и иметь специальные промежуточные магазины, обеспечивающие непрерывное поступление киноплёнок на соответствующие операции, например подавать к экспонирующему участку копирующего аппарата позитивную киноплёнку и негатив-контратип, скленный в кольцо.

Массовое тиражирование обычно ведут с контратипа, выправленного по плотности и цвету изображения. С такого контратипа печатают при одной экспозиции копирующего аппарата, с балансным светофильтром, подобранным к позитивной киноплёнке, на которой тиражируется фильм.

Экспозицию для печатания фильмокопий с контратипа определяют с помощью цветоанализатора, денситометра или по позитивным пробам, сделанным с первого или последнего фрагмента контратипа.

С выбранной экспозицией и с балансным светофильтром печатают одну часть фильма, которую после фотографической обработки сравнивают с такой же частью эталонного позитива на параллельных экранах. Затем печатают целиком пробную фильмокопию с контратипа и после фотографической обработки сравнивают с эталонным позитивом. При соответствии пробной фильмокопии эталонному позитиву контратип поступает в производство.

Если контратип не выправлен по плотности или цвету, режим печатания устанавливают цветоанализатором или по установочному ролику, который должен быть смонтирован из срезов контратипа. В тех редких случаях, когда отдельные части контратипа неодинаковы, режим печатания определяют для каждой части.

Печатание фильмокопий предпочитают вести высокопроизводительными контактными копирующими аппаратами с непрерывным транспортированием киноплёнок.

Фильмокопии печатают отдельными частями или соединяя по две-три части фильма. Затем передают в проявочное отделение для фотографической обработки. Обработку осуществляют немедленно, так как даже короткое хранение экспонированных киноплёнок может быть причиной регрессии и нарушения баланса изображения. Контратип, используемый для печатания фильмокопий, периодически подвергают контролю и чистке. В случае обнаружения повреждений его реставрируют (§ IX) или заменяют новым. Одновременно проверяют экспозиционный паспорт, с которым печатали фильмокопии.

§ 41. Гидротипные фильмокопии

Гидротипный процесс, известный за рубежом под именем «Техниколор», основан на получении фильмокопии путем последовательного переноса красителей с трех рельефных изображений на один приемный слой киноплёнки.

Технологические процессы по изготовлению гидротипных фильмокопий различны. Например, может быть таким (рис. VII.1): с цветного негатива на многослойной киноплёнке последовательно и

раздельно через три зональных светофильтра (синий, зеленый и красный) печатают частичные изображения на три черно-белые киноплёнки, каждая из которых чувствительна к определенной зоне спектра. Зональная чувствительность этих киноплёнок близка к сенсibilизации слоев цветной многослойной позитивной киноплёнки.

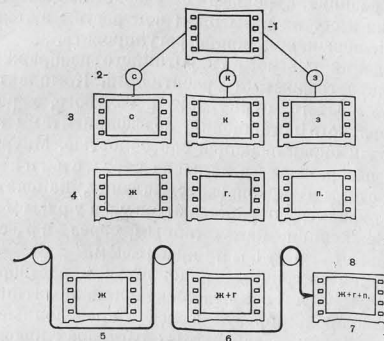


Рис. VII.1. Схема получения цветного позитива гидротипным способом: 1 — цветной негатив, 2 — зональные светофильтры (синий, красный и зеленый), 3 — матрицы с черно-белым изображением (синих, красных и зеленых частей), 4 — окрашенные матрицы в желтый, голубой и пурпурный цвет, 5 — гидротипный перенос на приемный слой blank-фильма желтого изображения, 6 — гидротипный перенос на приемный слой blank-фильма голубого изображения, 7 — гидротипный перенос на приемный слой blank-фильма пурпурного изображения, 8 — цветной позитив

Экспонированные зональночувствительные киноплёнки обрабатывают в дубящем проявителе, содержащем проявляющие вещества, продукты окисления которых обладают дубящим действием и дубят эмульсионный слой пропорционально восстановленным микрокристаллам галогенида серебра. В результате каждая из киноплёнок будет содержать цветоделенные изображения из металлического серебра и задубленной желатины. Затем киноплёнки промывают и обрабатывают в растворе, имеющем железосинеродистый калий, который окисляет серебро и делает его растворимым в фиксаже. После чего киноплёнки поступают в бак машины с горячей водой, где задубленная желатина вымывается. В результате на киноплёнке остается рельефное зеркально-позитивное цветоделенное изображение из задубленной желатины, называемое матричным.

При формировании вымывных рельефов их градация определяется: глубиной проникновения в эмульсионный слой матричной киноплёнки экспонирующего света при печатании изображения, распределением в слое микрокристаллов галогенида серебра, получив-

шего способность к проявлению, и способностью трансформации серебряного изображения в рельефное.

В матричных киноплёнках вследствие зональной чувствительности и уровня светопоглощения при совмещении цветоделительной экспозиции с дополнительной равномерной засветкой, которую делают специально, возникает рельеф с возрастающим градиентом — мягкой градацией в светах и высоким контрастом в тенях изображения. Градацию изображения можно регулировать.

Для изготовления цветного гидротипного изображения матрицы окрашивают водорастворимыми красителями. Комплект этих красителей состоит из желтого, пурпурного и голубого, характеризующихся кривыми спектрального поглощения, коэффициентами поглощения в выбранных зонах и окрашивающей способностью. Матрицу, на которой напечатано изображение с негатива через синий светофильтр, окрашивают желтым красителем; матрицу, напечатанную через зеленый светофильтр, окрашивают пурпурным красителем; матрицу с изображением, напечатанным через красный светофильтр, окрашивают голубым красителем.

При погружении матричных киноплёнок в раствор каждый из красителей диффундирует в соответствующий желатиновый рельеф, связывается желатиной, образуя в ней определенные комплексы. Краснение матриц ведут в слабощелочных растворах красителей. Часто в целях улучшения цветовых характеристик растворы для окрашивания изображений составляют из нескольких красителей.

Окрашенные матрицы используют для гидротипного переноса изображений на специальную киноплёнку, называемую **бланкфильмом**. В качестве **бланкфильма** применяют киноплёнку, имеющую приемный слой из желатины, обладающей значительно большей емкостью и прочностью закрепления красителя, чем матричные киноплёнки. Для этого в приемный слой вводят специальные вещества — фиксаторы, способствующие закреплению красителей в слое. Этот слой светочувствителен, так как содержит галогениды серебра.

Гидротипный перенос — приведение в контакт окрашенного рельефа матрицы с приемным слоем **бланкфильма** — осуществляется на сложных машинах (рис. VII.2). Они имеют устройства, в которых **бланкфильм** подготавливается к переносу изображений, происходит окрашивание матриц, совмещение и контактирование матриц с **бланкфильмом**, разделение матриц и **бланкфильма**, очистка матриц и сушка **бланкфильма**.

Важнейшим устройством машины является контактирующее колесо с цельнофрезерованными зубьями, которые обеспечивают точное совмещение цветоделенных матриц с приемным слоем **бланкфильма**. Чем меньше ширина гидротипной фильмокопии, тем выше требования к контактирующему устройству машины.

Для гидротипного переноса цветоделенную матрицу одной или нескольких частей фильма заряжают в машину и склеивают в кольцо. Затем матрицу обрабатывают в окрашивающем растворе при режимах, обеспечивающих впитывание красителя желатиновым рельефом пропорционально высоте его участков. После окрашивания

желтым красителем матрица поступает в контактирующее устройство машины, где происходит прижим матрицы к **бланкфильму**. В момент контакта краситель диффундирует из желатинового рельефа матрицы в приемный слой **бланкфильма** и создает в нем частичное изображение из желтого красителя.

Бланкфильм с частичным желтым изображением после соответствующей обработки поступает в другую гидротипную машину, где

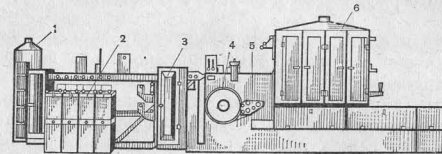


Рис. VII.2. Схема гидротипной машины: 1 — камера, в которой помещается кассета с матричной киноплёнкой, 2 — баки с окрашивающими растворами, 3 — камера, из которой поступает **бланкфильм**, 4 — барабан совмещения изображений, 5 — камера переноса красителя с матрицы на **бланкфильм**, 6 — сушильный шкаф для матричной киноплёнки

на этот **бланкфильм** переносят частичное изображение с пурпурным красителем, также диффундирующим из рельефа второй матрицы в приемный слой **бланкфильма**. Все последующие операции повторяют первый процесс переноса. То же происходит и с третьей матрицей, которая во время контактирования передает **бланкфильму** голубой краситель.

После трехкратного переноса в приемном слое **бланкфильма** образуется цветное позитивное изображение, состоящее из частичных красочных изображений.

Некоторые технологические процессы предусматривают другой порядок гидротипного переноса частичных изображений на **бланкфильм**.

При многократном использовании матрицы часть красителя, особенно в тенях рельефного изображения, настолько прочно закрепляется в желатиновом слое, что не переносится на **бланкфильм**. Поэтому матрицу после отдачи красителя **бланкфильму** подвергают очистке, удаляя из рельефа загрязнения и частицы красителя. Очищенная матрица заново окрашивается и вновь поступает на контактирующее устройство гидротипной машины.

Гидротипный перенос частичных изображений с матрицы на **бланкфильм** может происходить до 100 раз, т. е. можно получить около 100 фильмокопий. Для массового тиражирования фильма используют несколько комплектов матриц. Непрерывность процесса обеспечивается подачей **бланкфильма** из магазина запаса или из кассет.

На **бланкфильм** до его обработки в гидротипной машине печатают фотографическую фонограмму синхронно с изображением.

После фотографической обработки приемный слой blankфильма теряет светочувствительность и становится пригодным для гидротипного переноса красочных изображений.

В современных предприятиях вместо отдельных гидротипных машин для каждого переноса красочных изображений устанавливают поточную линию, предусматривающую непрерывное продвижение blankфильма для выполнения всех операций, включая печатание и обработку фотографической фонограммы, иногда и контроль готовых фильмокопий.

Для получения доброкачественных гидротипных фильмокопий необходимо, чтобы все применяемые киноплёнки не деформировались в процессе хранения, обработки и использования, чтобы копировальные аппараты, применяемые для печатания цветоделенных матриц, были высокоточными и имели устройства для иммерсионного печатания. Не менее важен подбор режимов для каждой операции по обработке матричных киноплёнок и blankфильма. Поэтому при гидротипном процессе широко применяют автоматизацию операций.

Гидротипный способ в условиях нашей страны, требующей больших тиражей фильма, имеет много преимуществ перед изготовлением фильмокопий на цветных позитивных киноплёнках. Гидротипный способ, использующий более простые киноплёнки, позволяет уменьшить производство обычных цветных киноплёнок. Кроме того, гидротипные фильмокопии дешевле сделанных на цветных позитивных киноплёнках, хорошо сохраняют цветное изображение и имеют насыщенность цвета. В гидротипных фильмокопиях фотографическая фонограмма по звучанию подобна фильмокопиям на черно-белых киноплёнках, так как она состоит из металлического серебра.

§ 42. Разноформатные фильмокопии

Наличие разноформатных кинотеатров и телевидения обязывает делать фильмокопии: широкоформатные, широкоэкранные, классические, малоформатные и мелкоформатные. Кроме того, существуют фильмокопии вариоскопические, полиэкранные, стереоскопические и др.

Производство разноформатных фильмокопий связано с решением сложных технических, технологических и экономических задач. Эти задачи осложнены тем, что фильмокопии многих фильмов необходимо иметь в разных форматах, например, для демонстрации в широкоэкранных кинотеатрах и по телевидению.

Разноформатность фильмокопий осложняет работу оператора, так как затрудняет создание универсальной композиции для разных по формату кадров. Оператор вынужден выбирать такое построение кадра, которое было бы приемлемым для изображения, показываемого в фильмокопиях разного формата, так как разноформатные фильмокопии обычно изготавливают с одного и того же первичного изображения, которое может быть широкоэкранным, классическим и т. д.

При переводе изображения одного формата на другой, особенно при его оптическом увеличении во время печатания, важнейшим условием служит резкость изображения. Пониженная резкость может быть из-за недостаточно высокого качества объектива, использованного при съёмке или при печатании, неточной установки объектива относительно плоскости киноплёнки в съёмочном или копировальном аппарате. Причиной нерезкости может служить также процесс контратипирования, если им пользуются при переводе форматов.

Производство разноформатных фильмокопий возможно по различным технологическим схемам.

Широкоформатные фильмокопии на 70-мм киноплёнке при проекции на экран имеют кадр $22 \times 48,5$ мм с соотношением сторон 1:2,2 и площадью кадра 1070 мм². Эти фильмокопии можно изготовить с широкоформатного изображения.

Широкоформатный негатив позволяет получать отличное изображение по воспроизведению фактуры объектов съёмки — кожи и волос человека, растительности металла и т. д. Он обеспечивает получение четкого изображения на очень больших экранах и способствует возникновению эффекта участия зрителя во время проекции фильма.

С широкоформатного негатива легко сделать доброкачественные фильмокопии различного формата. Для перевода на другие форматы с выбором по полю кадра его сюжетно важной части пользуются специальным просмотровым столом. На этом столе проекция осуществляется механизмом оптической компенсации с многогранной призмой. Скорость может меняться плавно в пределах от нуля до 24 кадр/с при прямом и обратном протягивании киноплёнки. Для определения выкопируемого участка пользуются рамкой с размерами, пропорциональными размерам изготавливаемой фильмокопии. Рамка может перемещаться в направлении ширины кадра перед экраном. Перемещение ее фиксируется счетным устройством, показания которого вместе с показаниями счетчика кадров, имеющихся в части и во фрагменте, заносятся в составляемую программу, используемую во время печатания изображения на копировальном аппарате.

По экономическим и техническим причинам съёмка широкоформатных фильмов практикуется редко. В большинстве случаев широкоформатные фильмокопии делают с изображений, снятых на 35-мм киноплёнке. Эти изображения могут быть нормальными или анаморфированными. Предпочтение отдают нормальному изображению на негативной киноплёнке с максимальным использованием ее площади, т. е. снятому на универсальный (расширенный) кадр (рис. VII.3). Такой негатив по сравнению с анаморфированным имеет больший запас изобразительной прочности, так как снят сферическим объективом и не требует дезанаморфирования при переводе на 70-мм киноплёнку.

Перевод изображения осуществляют оптическими копировальными аппаратами с иммерсионными устройствами, а в случае исполь-

зования анаморфированного первичного изображения — и с дезанаморфирующей оптической системой.

Разумеется, что напечатанное с увеличением изображение, тем более анаморфированное, всегда будет ниже по качеству, чем сделанное в собственном масштабе, т. е. с широкоформатного негатива, имеющего площадь, в три раза большую, чем на 35-мм киноплёнке.

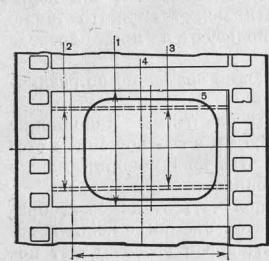


Рис. VII.3. Универсальный кадр и его форматы: 1 — изображение в негативе (25×16), 2 — изображение для широкоформатного кадра ($25 \times 11,5$), 3 — изображение для широкоэкранного кадра ($25 \times 10,63$), 4 — изображение для классического кадра (22×16), 5 — сюжетно важная часть изображения для телевизионного кадра ($18,11 \times 13,58$)

Фильмокопии с анаморфированным изображением при проекции на экран имеют кадр $18,2 \times 21,3$ мм, соотношение сторон 1:2,35 и площадь 388 мм^2 . Анаморфированное изображение на киноплёнке получают при съёмке или во время печатания.

К процессу изготовления фильмокопии с анаморфированного при съёмке изображения предъявляются очень высокие требования, так как в анаморфированном изображении понижены резкость и воспроизводимость мелких деталей, повышена зернистость, заметнее царапины, точки и другие дефекты вследствие увеличения кадра по горизонтали во время кинопроекции. Печатание фильмокопии с анаморфированного негатива должно происходить в условиях, обеспечивающих полный контакт киноплёнок и сохранность поверхностей негатива. Требования ещё больше повышаются, когда тиражирование фильмокопии осуществляется с участием процесса контратипирования. Этот процесс следует вести высококачественным копировальным аппаратом с иммерсионным устройством, используя мелкозернистые контратипные киноплёнки, применяя профилактическую обработку всех исходных и промежуточных материалов.

В большинстве случаев перевод нормального изображения на анаморфированное осуществляют в процессе контратипирования,

чтобы массовое тиражирование фильмокопий можно было вести обычными копировальными аппаратами.

Способ получения анаморфированного изображения путем его печатания с нормального негатива по сравнению со стемочным способом имеет ряд преимуществ. Процесс съёмки облегчен тем, что ведется обычными объективами, более удобными для работы и не требующими дополнительного диафрагмирования. Анаморфирование изображения ведется на мелкозернистых контратипных киноплёнках, способных лучше воспроизвести мелкие детали, чем высокочувствительные негативные киноплёнки, используемые при съёмке. Если же контратипирование ведется на обрабатываемой контратипной киноплёнке, выигрыш в качестве будет ещё большим. При контратипировании печатание можно вести копировальными аппаратами, имеющими весьма точную анаморфотную оптическую систему, лучшую, чем в стемочном аппарате, и иммерсионные устройства, которые создают благоприятные условия для получения анаморфированного изображения.

Широкоэкранные фильмокопии с кашетированным кадром при проекции на экран имеют кадр 21×12 мм, соотношение сторон 1:1,85 и площадь 238 мм^2 . Эти фильмокопии можно изготовлять с негатива, снятого по способу скрытого кашетирования, при котором экспонируется вся площадь классического кадра, но его композиционное построение делается так, чтобы при проекции с каше не срезались сюжетно важные детали изображения. Или с негатива, снятого по способу открытого кашетирования, предусматривающего установку каше в стемочном аппарате, в результате чего изображение оказывается срезанным сверху и снизу кадра.

Предпочтение отдается негативу, сделанному со скрытым кашетированием, так как кадр, полученный по этому способу, обеспечивает широкоэкранное изображение на киноэкране и нормальное на экране телевизора.

Основные недостатки широкоэкранных кашетированных фильмокопий следующие: потеря полезной площади киноплёнки — до 65% при проекции на экран, пониженная резкость и повышенная зернистость изображения из-за большого увеличения при проекции на широкий экран, сильная заметность царапин, точек и других дефектов, а также неустойчивость кадра в результате большого линейного увеличения.

Если фильмокопия сделана с открытым кашетированием, при котором кадр срезается сверху и снизу во время съёмки или печатания, то изображение на экране телевизора будет иметь две чёрные полосы, обрамляющие кадр, или будут срезаны детали изображения по бокам кадра. Эти дефекты, конечно, портят впечатление о фильме.

Фильмокопии на 35-мм киноплёнке при проекции на экран имеют кадр $15,2 \times 20,7$ мм, соотношение сторон 1:1,35 и площадь $314,6 \text{ мм}^2$.

Эти фильмокопии удобны для показа по телевидению (так как размеры кадра близки к формату экрана телевизора) и для проекции на киноэкран.

Фильмокопии с классическим форматом кадра можно печатать с негатива и с контратипа, имеющего кадр $16 \times 21,9$, соотношение сторон 1:1,37, а также с широкоформатных, широкоэкранных и малоформатных изображений путем перевода их на классический формат.

Контактное печатание фильмокопий может производиться аппаратами с любым видом транспортирования киноплёнок.

Малоформатные фильмокопии на 16-мм киноплёнке при проекции на экран имеют кадр $7,0 \times 9,45$ мм, соотношение сторон 1:1,34 и площадь $66,6$ мм². Эти фильмокопии находят широкое применение в учебной, научно-популярной, хроникально-документальной кинематографии и особенно на телевидении.

Малоформатные фильмокопии изготавливают с различных первичных изображений: с негатива на 16-мм киноплёнке с кадром $7,45 \times 10,05$ мм и с кадром $7,45 \times 12,3$ мм (Супер-16); с обращенного позитива тех же форматов кадра; с негатива на 35-мм киноплёнке; с контратипа всех вышеприведенных первичных изображений.

Изображение с 35-мм киноплёнки печатают и на 32-мм киноплёнку. В этом случае пользуются оптическим копировальным аппаратом (см. рис. IV.3), позволяющим получать одновременно два изображения, как бы расположенные на 16-мм киноплёнке. 32-мм киноплёнку после фотографической обработки разрезают на две малоформатные фильмокопии. Как правило, совмещенные фильмокопии печатают с контратипа, имеющего два малоформатных изображения.

Малоформатные фильмокопии редко делают с анаморфированным изображением, вследствие того что они не обеспечивают полноценного показа на широком экране и непригодны для телевидения.

Мелкоформатные фильмокопии на 8-мм киноплёнке при проекции на экран имеют кадр $3,25 \times 4,4$ мм, соотношение сторон 1:1,35 и площадь $14,3$ мм² или кадр $4,01 \times 5,36$ мм, соотношение сторон 1:1,33 и площадь $21,5$ мм² (Супер-8).

В связи с малой площадью кадра и большим увеличением изображения при проекции требования к резкости, зернистости и воспроизведению мелких деталей очень высоки. Эти характеристики зависят от первичного изображения, с которого делают мелкоформатные фильмокопии от копировального аппарата, применяемого для печатания изображения, и от технологического процесса, используемого при тиражировании.

Первичным изображением может служить негатив на 16- и 35-мм киноплёнках и обращенный позитив на 16-мм киноплёнке. Очевидно, чем больше полезная площадь первичного изображения, лучше его строение, тем рациональнее применение. Поэтому при выборе первичного изображения предпочтение отдают негативам на 35-мм киноплёнках и позитивам на 16-мм обрабатываемых киноплёнках.

Изготовление мелкоформатных фильмокопий ведется с помощью контактных копировальных аппаратов и аппаратов с оптическим печатанием изображений.

Фотографическая обработка мелкоформатных фильмокопий ведется по нормальному технологическому процессу. Однако должно

быть повышено внимание к состоянию оборудования, чистоте растворов, воздуха и т. д. Загрязнения, повреждения и прочие дефекты ухудшают изображение на 8-мм киноплёнках в гораздо большей степени, чем на всех прочих форматах фильмокопий.

К аттракционным фильмокопиям относятся: вариоскопические, поликадровые, панорамные, кругопанорамные, стереоскопические и др. Они весьма различны по размеру киноплёнки, формату кадра и экрана.

Вариоскопические фильмокопии имеют кадр, размеры и форма которого изменяются в зависимости от сюжета. Фильмокопии делают на 70- и 35-мм киноплёнках с разным количеством перфораций на один кадр. Изготавливают вариоскопические фильмокопии по разным технологическим процессам, например с негатива — основного и масочного — двумя этапами экспонирования, во время которых совмещают изображение и маску, определяющую размер и форму кадра.

Поликадровые фильмокопии имеют кадр, в пределах поля которого есть несколько отдельных изображений одного или разных объектов съёмки, тематически связанных. Как правило, такие фильмокопии делают на 70-мм киноплёнке с кадром в пять перфораций. Печатание ведут с негатива, созданного комбинированной съёмкой, экспонированием на специальном оптическом копировальном аппарате (трюкмашине) и другими способами.

Панорамные фильмокопии в большинстве состоят из изображений, размещённых на нескольких киноплёнках, 16- или 35-мм, одновременно проецируемых на экран. Для печатания фильмокопии применяют копировальный аппарат с прерывистым передвижением киноплёнок, имеющий рейсфлёр и контррейсфлёр, чтобы неустойчивость кадра в печатающем окне не превышала 10 мк.

Кругопанорамные фильмокопии рассчитаны на проекцию изображения с круговым обзором, часто в два яруса. Фильмы делают на 16- и 35-мм киноплёнках, количество которых зависит от принятой системы. Отечественная система кругопанорамных фильмов предусматривает 11 изображений, проецируемых с такого же количества киноплёнок. В фильмах применяют классический формат кадра. Если изображения проецируют в два яруса, соответственно увеличивается и количество киноплёнок. Все фильмокопии должны быть сделаны так, чтобы при строго синхронном проецировании они создавали единое впечатление. Стыки между соседними изображениями и параллаксные явления у краёв кадров маскируются узкими черными полосками, расположенными между экранами. Технология изготовления фильмокопий аналогична применяемой для панорамных фильмокопий.

Куполопанорамные фильмокопии предназначены для проекции на куполообразный экран. Фильмокопии с негативов, снятых на 70-мм киноплёнке с кадром, имеющим десять перфораций, изготавливают по технологии, принятой для панорамных фильмов.

Стереоскопические фильмокопии позволяют видеть объект съёмки в трех измерениях — в ширину, высоту и глубину. Для этого на экране должно быть два изображения одного и того же объекта,

снятого двумя объективами с некоторым параллаксом. При раздельном рассматривании изображений правым и левым глазом они сливаются в одно и создают иллюзию объемности.

Раздельное рассматривание изображений обеспечивается с помощью очков, которыми пользуются зрители при проекции изображений на специальный экран. Существует много стереоскопических систем. Стереоскопические фильмы бывают на разных по ширине киноплёнке, на двух отдельных или на одной киноплёнке, с классическим или кашетированным кадром, расположенными рядом или друг над другом, и т. д.

Наиболее распространенной системой является полироидная.

Отечественные стереоскопические фильмы снимают на 70-мм цветную негативную киноплёнку парными объективами, создающими стереопару (рис. VII.4). Позитивное изображение кажется объемным, если зритель через поляризационные очки рассматривает стереопару, проецируемую на экран двумя объективами, экранированными поляризационными светофильтрами.

Съемку и прочие операции при изготовлении стереоскопического изображения выполняют с большой точностью по оптическим и фотографическим характеристикам: например, повышенные требования предъявляются к фокусным расстояниям парных объективов в

съемочном и кинопроекционном аппаратах, к устойчивости кадра на экране и т. д. Для печатания фильмокопий применяют копировальные аппараты, обеспечивающие одинаковую плотность изображений в стереопаре. Фотографическая обработка киноплёнок ведется при стандартном технологическом процессе.

§ 43. Фильмокопии для телевидения

Фильмокопии для телевидения могут быть сделаны по негативно-позитивному и обратному процессам, черно-белым или цветным и на 35-, 16- и 8-мм киноплёнках.

По экономическим и технологическим соображениям наиболее распространены процессы на 16-мм киноплёнках.

Телевизионные системы пока не способны передавать весь диапазон оптических плотностей, который может иметь киноплёнка. Поэтому фильмокопия для телевидения должна отвечать определенным техническим требованиям, обусловленным спецификой электронной передачи изображения и условиями рассматривания.

Телетракт наносит значительный ущерб проецируемому изобра-

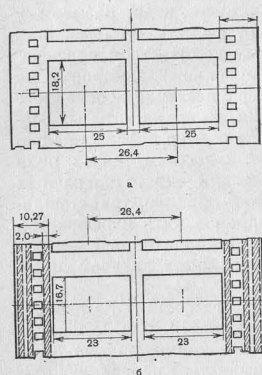


Рис. VII.4. Стереоскопическое изображение (стереопара): а — негатив, б — позитив

жению; теряются мелкие детали, изменяется контрастность и т. д. Вследствие этого в изображении для передачи по телевидению предъявляют повышенные требования к четкости деталей. Она зависит от многих факторов: киноплёнки, съемочного аппарата, объектива и процесса, по которому получено изображение. Особенно велико влияние на четкость изображения разрешающей способности и зернистости киноплёнки, режима ее фотографической обработки и др. операций.

Наилучшее качество изображения получают на обрабатываемых киноплёнках, т. е. по одноступенному процессу. Несколько ниже по качеству позитивы, полученные по двухступенному процессу, так как в этом процессе участвуют две киноплёнки и копировальный аппарат. Еще больше снижается качество изображения, если в процессе создания фильмокопии пользуются контратипированием.

Плотности общая, минимальная и максимальная, а также контрастность позитивного изображения не должны превышать возможности телевизионной системы, которые всегда меньше, чем допустимые для обычной кинопроекции.

Для позитивов, проецируемых по телевидению, отношение максимальной и минимальной плотностей в изображении должно быть $1,6 \pm 0,1$. Чтобы достичь этого показателя, многие фирмы изготавливают специальные позитивные и обрабатываемые киноплёнки с пониженной контрастностью: цветные позитивные с $\gamma \approx 2,2-2,4$, цветные обрабатываемые с $\gamma \approx 1,0-1,2$.

У позитивов нормируют и плотность деталей: белые детали объекта должны иметь плотность 0,3—0,4; самые темные детали, еще различимые на экране, — не выше 2,0. Плотность изображения лица — в пределах 0,5—1,0.

Следовательно, позитивы, сделанные для обычной кинопроекции, имеющие контрастность выше 2,5 и соответственно иные плотности в изображении, непригодны для показа по телевидению.

§ 44. Бессеребряные фильмокопии

Дефицит и высокая стоимость серебра явились основанием для ведения интенсивных работ по созданию бессеребряных светочувствительных материалов.

Известно много процессов, позволяющих получать изображение на бессеребряных материалах. Практическое значение при изготовлении фильмокопий имеют везикулярные киноплёнки.

Везикулярный, т. е. пузырьковый, процесс, часто называемый «Кальвар», основан не на поглощении света, как в обычном фотографическом процессе, а на его рассеянии.

Киноплёнки для везикулярного процесса имеют светочувствительный слой, в котором равномерно распределено вещество типа диазосоединений, чувствительное к ультрафиолетовому излучению. Во время печатания изображения под действием ультрафиолетовых лучей светочувствительное вещество разлагается с выделением газа. Под давлением газ в светочувствительном слое образует скры-

тое изображение — микроскопические скопления сжатого газа. Чтобы сделать изображение видимым, светочувствительный слой нагревают горячими валиками или другим способом. При нагревании давление газа увеличивается до такой степени, что в размяченном слое возникают микроскопические пузырьки. Их диаметр — от 0,5 до 2 мк. Пузырьки, рассеивая свет, образуют видимое изображение.

Проявленное изображение закрепляют путем общей засветки киноплёнки. Засветка должна быть во много раз большей чем при создании изображения. Во время засветки происходит полное разложение оставшегося в слое светочувствительного вещества, которое в виде газа удаляется из киноплёнки. Правильно экспонированное, проявленное и закреплённое везикулярное изображение при проекции на экран почти не отличается от обычного черно-белого серебряного изображения.

§ 45. Субтитрированные фильмокопии

Субтитры — краткие пояснительные надписи, впечатываемые непосредственно в изображение.

Субтитрирование — процесс дополнительной обработки фильмокопии или промежуточного изображения, с которого печатается фильмокопия.

Существует много способов субтитрирования; практическое применение нашли следующие: механический, физико-химический и оптический.

Механическое субтитрирование основано на выдавливании в фотографическом слое фильмокопии надписи с помощью клише. Фотографический слой предварительно размягчают, а клише — подогревают. В результате изображение оказывается продавленным до подложки.

Осуществляют механическое субтитрирование на специальной машине, в которой фильмокопия сначала увлажняется, затем на нее печатаются титры металлическим клише, после чего фильмокопия высушивается. Каждое звено в этом процессе строго регламентировано по времени, температуре и другим параметрам.

Физико-химическое субтитрирование заключается в том, что надпись вытравливают в фотографическом слое фильмокопии. По этому способу изображение предварительно покрывают защитным слоем. Затем нагретым металлическим клише выдавливают надпись в защитном слое до фотографического слоя. После чего киноплёнку обрабатывают специальным раствором, вытравляющим надпись в эмульсии. Заканчивается процесс снятием защитного покрытия с киноплёнки ее промывкой и сушкой. Все операции производятся в субтитровой машине.

Механическое и физико-химическое субтитрирование предусматривает индивидуальную обработку каждой фильмокопии, что экономически и технологически нерационально, особенно при тиражировании в большом количестве. Чтобы эти процессы сделать экономически и технологически оправданными, субтитры делают в промежу-

точном позитиве или контратипе, с которых ведут тиражирование фильма. Такой способ не всегда возможен, вследствие того что одни и те же промежуточные материалы часто используют для тиражирования на разные языки.

Оптическое субтитрирование ведется с помощью копировального аппарата, имеющего устройство для впечатывания надписи в изображение.

Надписи — черные буквы на прозрачном фоне, снятые на киноплёнку, проецируются в экспозиционное окно копировального аппарата и экспонируются одновременно с изображением. Продолжительность впечатывания каждой надписи в кадр регулируется паспортом. С помощью этого же паспорта на период печатания изображения, не имеющего надписи, на пути светового пучка лампы устанавливают прозрачный кадр. Эти надписи впечатывают в промежуточный позитив или контратип. После фотографической обработки промежуточного позитива или контратипа с них ведут тиражирование субтитрированных фильмокопий.

При любом виде субтитрирования наиболее трудоемкой операцией является набор и печатание надписей на бумажные планшеты, с которых затем делают матрицы.

Субтитрированию подвергают разные фильмокопии, в зависимости от формата кадра устанавливают и размеры надписей, например, 35-мм фильмокопия с классическим форматом кадра может иметь следующие субтитры:

- а) длина фрагмента, в кадры которого впечатывается надпись, должна быть не менее 0,5 м, при условии что эта надпись не превышает 5—6 знаков;
- б) в тексте субтитра, расположенного на фрагменте длиной 1 м, надпись должна быть не более одной строки, т. е. не более 25 знаков для латинского и не более 22 знаков для русского шрифта;
- в) количество строк ограничивается двумя, в редких случаях — тремя с соответствующим количеством знаков в каждой из строк; расстояние между строками должно быть не менее 0,7 мм;
- г) края строк надписи должны быть расположены на расстоянии 3,55 мм от краев кадра каждый;
- д) длина строки субтитра не должна быть более 15 мм, нижняя строка должна быть расположена от края на расстоянии не менее 0,9 мм, строки субтитра должны быть параллельны кадровой рамке без перекоса.

§ 46. Видео диск

К тиражированию фильмов условно можно отнести и перевод их на видеодиски.

Видеодиск — тонкая эластичная и упругая пластинка из поливинилхлоридной, полиуретановой и прочих подобных плёнок с записью изображения и звука.

Запись и воспроизведение могут быть осуществлены механическим, магнитным, оптическим и другими способами.

Видеодиск с механической записью изображения и звука имеет спиральные канавки, форма которых обусловлена записываемыми сигналами.

Процесс изготовления видеодиска идет по схеме (рис. VII. 5): сигналы изображения и звука, поступающие из телекинопроектора, от кинопроектора или от видеомагнитофона, через частотный модулятор передаются на рекордер, который нарезает канавки на специальном диске.

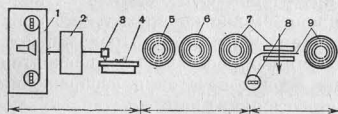


Рис. VII.5. Схема механической записи изображения на видеодиск: 1 — телекинопроектор, 2 — частотный модулятор, 3 — рекордер, 4 — лаковый диск, 5 — первый оригинал, 6 — второй оригинал, 7 — матрица, 8 — поливинилхлоридная пленка в рулоне, 9 — видеодиск

Частотный модулятор обеспечивает запись разных частот одинаковыми амплитудами, с канавками, расположенными вплотную друг к другу. В зависимости от яркости видеосигнала меняется длина волны записи, т. е. расстояние между впадинами и возвышениями в канавке, расположенными на постоянном уровне. Звуковой сигнал, имеющий более узкую полосу частот, записывается в одной канавке с изображением. Один оборот видеодиска соответствует телевизионному кадру. С этого диска гальваническим способом изготавливают металлическую копию, с которой делают матрицы. Затем матрицей штампуют видеодиски из рулона пленки.

Видеодиск может иметь запись черно-белого или цветного изображения. Как правило, эти изображения совмещены на одном диске путем добавления к основному черно-белому сигналу, несущему информацию о яркости деталей изображения, сигналов и о цвете деталей.

Видеодиск с магнитной записью отличается от записи на магнитной ленте только материалом подложки и формой. В качестве подложки используют алюминиевый сплав. Поверхность диска покрыта обычным магнитным лаком или слоем из никель-кобальтового сплава. Запись каждой круговой дорожки на магнитном носителе соответствует одному кадру изображения.

Запись и воспроизведение осуществляют одним и тем же аппаратом с универсальной магнитной головкой.

Видеодиском широко пользуются в случаях, когда необходимо показать замедленное движение объекта, например во время спортивных игр. Замедленное воспроизведение производится многократным повторением сигналов дорожки путем перемещения магнитной головки.

Есть видеодиски с двусторонним носителем. Тогда запись и воспроизведение ведут двумя универсальными магнитными головками, работающими поочередно.

Видеодиск с оптической записью представляет собой поливинилхлоридную пленку со спиральными дорожками записи, имею-

щими канавки с микроскопическими углублениями. Запись осуществляют так (рис. VII. 6): сигналы изображения и звука, поступающие из телекинопроектора или видеомагнитофона, преобразуются и поступают к модулятору света — лазеру, луч которого выжигает на металлизированной поверхности стеклянного диска канавки с микроскопическими углублениями. После записи на диск наносится тонкий слой из специального светочувствительного материала, кото-

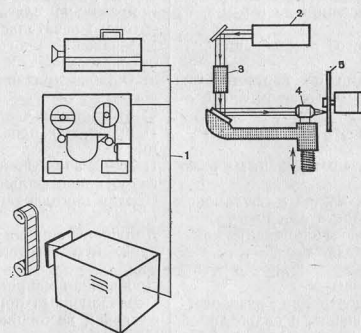


Рис. VII.6. Схема оптической записи изображения на видеодиск: 1 — датчики изображения (телекамера, видеомагнитофон, телекинопроектор), 2 — лазер, 3 — модулятор, 4 — объектив, 5 — видеодиск

рый после засвечивания ультрафиолетовым светом и обработки в растворителе остается в канавках и делает их рельефными. С этого рельефа электролитическим способом изготавливают никелевую матрицу видеодиска. Затем матрицей при термическом процессе штампуют видеодиски из рулона пленки.

Воспроизведение записи осуществляют видеопроектором с лазером. Световое пятно лазера просвечивает или отражает запись на видеодиске и через сложное электронное устройство создает цветные и звуковые сигналы на антенном входе телевизора. Видеодиск, работающий по принципу отражения светового пятна, дополнительно металлизуют, что повышает его оптические свойства.

Помимо рассмотренных видеодисков существуют и другие виды записи, также многочисленны и способы изготовления видеодисков. Отсутствие международного стандарта на видеодиски ограничивает их распространение.

§ 47. Контроль фильмокопий

Обработанные рулоны позитивной кинопленки контролируют целиком или выборочно по сенситометрическим показателям и по изображению на экране.

Дефекты фильмокопий

№ п/п	Вид дефекта	Вероятные причины возникновения дефекта
202	Допечатка не совпадает с основным изображением	Ошибка при отборе в контратипе участка для допечатки
203	Кадры изображения не в рамке	Неправильно склеен контратип, с которого печаталась фильмокопия
204	Крупнозернистое изображение	Изображение многократно контратипировалось
205	Метраж фильма не соответствует указанному в монтажном листе	а) Ошибка при определении метража, б) отсутствует часть изображения
206	Некомплектность фильмокопии	Неправильно проведена комплектация
207	Несовпадение цветоделенных изображений	Недоброкачественное изготовление гидротипной фильмокопии
208	Несовпадение частей в фильмокопии по плотности или цвету	Плохая комплектация фильмокопии
209	Несоответствие фильмокопии контрольному позитиву	Допущены ошибки в какой-либо операции при изготовлении фильмокопии
210	Пятна и полосы	Проявочная машина неисправна
211	Разной плотности или разноцветное изображение в гидротипной фильмокопии	Неравномерный перенос красителей с матриц на бланкфильм
212	След вязкого проявителя на изображении	Проявочная машина неисправна
213	Следы охлестанных концов рулона	а) Охлестанные концы у смонтированного негатива, б) охлестанные концы у промежуточного позитива или контратипа
214	Стартовка заходит на изображение	Недоброкачественная стартовка в смонтированном негативе
215	Стартовка с пропусками	Неправильная стартовка смонтированного негатива
216	Субтитр, не обеспечивающий прочтение	Короткий или плохо напечатанный субтитр
217	Субтитры не синхронны с изображением	Содержание субтитра не совпадает с изображением во фрагменте
218	Субтитры перевернутые	Неправильная зарядка фильмокопии в субтитровальную машину
219	Ферромагнитная дорожка со звукозаписью отслаивается от подложки	Недоброкачественный ферромагнитный лак или неисправная поливная машина
220	Фрагменты в фильмокопии не выравнены по плотности или не скорректированы по цвету	а) Недоброкачественный экспозиционный паспорт для печати изображения со смонтированного негатива, б) сбой экспозиционного паспорта во время печатания со смонтированного негатива, в) невыравненный промежуточный позитив или контратип

Часто фильмокопии при контроле проецируют с увеличенной скоростью, например с частотой 32—48 кадр/с. Иногда контролер просматривает фильмокопии одновременно с нескольких кинопроекторов. Применяют и другие методы контроля готовой продукции.

Завершается производство фильмокопий комплектацией, т. е. подбором частей фильма.

В правильно скомплектованной фильмокопии зритель не ощущает при просмотре переходов от одной части к другой по изменению цветового оттенка или по оптической плотности изображения.

Если копировальная фабрика использует киноленки нескольких фирм, выпускающих разные по фотографическим свойствам материалы, на которых получаются неодинаковые изображения, фильмокопии комплектуют по плотности и по цветовому тону изображения. Однако и в этом случае комплектация должна обеспечить выпуск фильмокопий, близких к контрольному позитиву фильма.

Визуальный подбор частей фильма, близких по оптической плотности и по цвету изображения к контрольному позитиву, трудоемок, утомителен и не всегда дает положительные результаты. Поэтому сделано много попыток разработать объективные методы контроля фильмокопий. Эти методы основаны на создании аппаратуры, способной быстро оценивать плотность и цвет изображения в фильмокопии.

Вероятно, объективный контроль изображения при комплектации фильмокопий станет возможным, когда их производство будет осуществляться автоматизированными системами управления технологического процесса (АСУТП). В этом случае ЭВМ поможет не только полноценно комплектовать фильмокопии, но и повысить производительность и улучшить условия труда.

Дефекты, которые могут быть обнаружены при контроле фильмокопий, приведены в табл. 35, а также в табл. 11 и 20.

Демонстрацией кинофильма, или кинопоказом, в общем случае называют воспроизведение изображения и звука, записанных в кинофильме.

Комплект аппаратуры и оборудования, необходимый для кинопоказа, составляет киноустановку.

§ 48. Киноустановка

Основными элементами киноустановки являются: кинопроектор, усилитель, громкоговорители, киноэкран и другие вспомогательные устройства, в том числе устройства электропитания.

Кинопроектор включает в себя две функционально различные части: проекционную и звуковую.

Проекционная часть предназначена для проецирования на экран увеличенного изображения отдельных кадров фильма, звуковая — для воспроизведения (вместе с усилителем и громкоговорителем) фонограммы.

Проецирование изображения при наиболее распространенном кадровом способе получения кинофильмов возможно как при их прерывистом, так и при непрерывном (равномерном) продвижении. В кинопроекторах, применяемых повсеместно, на экран проецируются отдельные кадры фильма, прерывисто (скачкообразно) движущегося перед объективом, аналогично тому, как движется пленка в киносеющем аппарате при получении изображения объектов съемки в виде отдельных кадров.

Воспроизведение фонограммы кинофильма (как и звукозапись) возможно только при его равномерном движении перед «читающим» элементом — световым штрихом или магнитной головкой.

Таким образом, в проекционной части кинопроектора должно обеспечиваться прерывистое продвижение кинофильма, а в звуковой — непрерывное движение с высокой степенью равномерности скорости.

Лентопротяжный тракт кинопроектора схематически показан на рис. VIII.1. Основными элементами тракта являются: зубчатые ба-

рабаны, прижимные и направляющие ролики, फिल्मовый канал с кадровым окном, гладкий звуковой барабан.

Зубчатые барабаны являются частью лентопротяжного механизма. Барабаны 1, 3, 4 и 5 вращаются с равномерной скоростью; их назначение — тянуть (подавать) и задерживать кинопленку. Барабан 2 называется скачковым; он вращается скачкообразно для обеспечения последовательного протягивания перед кадровым окном кадров фильма.

Прерывистое вращение скачкового барабана достигается с помощью так называемого мальтийского механизма с четырехлопастным мальтийским крестом, получившего наибольшее распространение.

Прерывистое движение фильма в передвижных узкоплёночных кинопроекторах (для 16-, 8- и 8С*-мм кинофильмов) осуществляется с помощью рейферных механизмов, подобных применяемым в киносеющих аппаратах.

Механизм прерывистого движения фильма работает согласованно с обтюратором, необходимым для перекрытия света в моменты смены кадра. Происходящее при этом периодическое освещение и затемнение экрана (так называемая обтюрация света) с частотой, равной для звукового кино 24 мельканиям в секунду, вызывает быстрое и сильное утомление зрительного аппарата человека и нарушение нормального восприятия киноизображения. Мелькания света при данной яркости экрана менее заметны, если частота их больше. Критическая частота мельканий — частота, при которой они незаметны, — для практически имеющих место значений яркости киноэкрана и углов его наблюдения зрителями варьируется от 45 до 66 мельканий в секунду.

С целью приведения частоты мельканий к ее критическому значению в кинопроекторах применяются двухлопастные обтюраторы, одна из лопастей которых — «холостая» — перекрывает свет при неподвижном положении фильма, т. е. при проецировании очередного кадра, обеспечивая удвоение частоты мельканий (48 раз в секунду) и практически их полную незаметность.

Фильмовый канал предназначается для строгой фиксации кинофильма относительно кадрового окна, ограничивающего размеры проецируемой части изображения кадра и определяющего геометрическую форму киноизображения на экране. Следует иметь в виду, что на границах кадра возможны дефекты (механические и фотографические) изображения, поэтому высота и ширина проецируемой части изображения, как правило, на 2,5—7% меньше высоты и ширины кадра**.

* 8С — система Супер-8.

** Строго говоря, размеры кадрового окна не всегда равны размерам той части изображения, которая должна проецироваться.



Рис. VIII.1. Схема лентопротяжного тракта кинопроектора

Осветительно-проекционная система, входящая в проекционную часть кинопроектора, состоит из проекционного объектива (а также анаморфотной насадки на объектив), источника света и оптических элементов: конденсора, отражателя и др.

Оптическая схема и принцип работы кинопроекционных объективов практически не отличаются от схемы и работы съемочных объективов.

Кинопроекционные объективы характеризуются фокусным расстоянием, относительным отверстием, углом поля зрения, разрешаю-

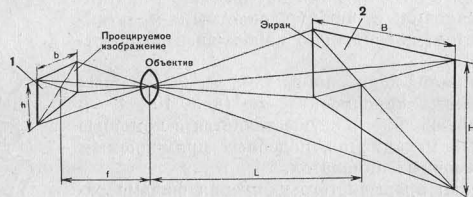


Рис. VIII.2. Схема увеличения изображения кадра: 1 — кинокадр, 2 — изображение на экране, b и h — ширина и высота проецируемой части изображения кадра, B и H — ширина и высота изображения на экране, f — фокусное расстояние объектива, L — проекционное расстояние (расстояние от объектива кинопроектора до экрана)

щей силой в центре и на краях поля изображения, цветностью, падением освещенности к краю, а также рядом конструктивных размеров.

Для проецирования широкоэкранных фильмов с анаморфированным изображением кроме обычного объектива применяется анаморфотная проекционная насадка, которая представляет собой оптическую афокальную систему, состоящую не менее чем из двух цилиндрических положительных и отрицательного компонентов.

Анаморфотная насадка характеризуется коэффициентом анаморфозы (определяющим степень «растяжения» «сжатого» на фильме изображения) и предельным диаметром выходного зрачка. На оправе насадки указываются предельные значения фокусного расстояния и относительного отверстия проекционных объективов, с которыми данная насадка может использоваться.

Увеличение изображения кадра при кинопроекции осуществляется по схеме рис. VIII.2.

Соотношение $\frac{L}{f} = \frac{B}{b}$, которое легко вывести из схемы, позволяет определить фокусное расстояние объектива, необходимого для получения на экране изображения требуемой ширины B при известном удалении от него кинопроектора: $f = b \frac{L}{B}$, или вычислить ширину изображения на экране, которое будет получено при заданном рас-

стоянии L и использовании объектива с фокусным расстоянием f : $B = b \frac{L}{f}$ или, наконец, выяснить, на каком расстоянии от экрана L должен быть установлен кинопроектор, чтобы с объективом с фокусным расстоянием f было получено на экране изображение шириной B : $L = \frac{1}{b} fB$.

Линейное увеличение при кинопроекции, равное $m = \frac{B}{b} = \frac{L}{f}$, достигает обычно нескольких сотен (семи и более), а увеличение по площади — полумиллиона и более.

Отношение $\frac{b}{h} = c$, чаще представляемое в виде $1:c$, характеризует собой вид кинопроекции: обычной, широкоэкранной, широкоформатной.

При обычной кинопроекции, являющейся основной для традиционного кинематографа, $1:c$ равно $1:1,37$; $1:1,35$; $1:1,38$ и $1:1,35$ соответственно при демонстрации 35-, 16-, 8- и 8С-мм фильмов.

Кашетирование кадра по высоте при съемке и проекции (так называемое явное кашетирование) или только при проекции (скрытое кашетирование) позволяет увеличить отношение сторон изображения на экране. Для кашетированной кинопроекции применяют более короткофокусные объективы, позволяющие при неизменных условиях получить на экране более широкое изображение, высота которого равна высоте при обычной проекции.

В мировой практике получило распространение скрытое кашетирование при соотношениях сторон изображения $1:1,66$; $1:1,75$ и $1:1,85$.

В нашей стране кашетирование (при $c=1,85$) применяется относительно редко.

Естественно, что съемка фильмов, предназначенных для кашетированной кинопроекции, должна учитывать соответствующее уменьшение по высоте проецируемой части изображения: композиция кадра должна быть такой, чтобы при проекции не утрачивалась сюжетно важная часть сцены.

При широкоэкранной кинопроекции увеличение отношения сторон изображения на экране $c = \frac{B}{H}$ достигается применением анаморфотной насадки к проекционному объективу, с помощью которой «растягивается» изображение кадра широкоэкрannого фильма, «сжатое» по ширине при съемке. Коэффициент анаморфозы применяемых для широкоэкранной проекции проекционных анаморфотных насадок равен двум (в соответствии с коэффициентом анаморфозы кино-съемочных насадок, используемых для съемки широкоэкранных фильмов, который равен 0,5).

Проекция 70-мм широкоформатных фильмов производится с помощью обычных проекционных объективов. Увеличение отношения сторон проецируемого изображения, составляющее в этой системе

кинематографа 1:2,2, достигается увеличением размеров изображения при съемке и соответственно в фильмокопии.

Зрительный аппарат человека в процессе наблюдения любых объектов, в том числе и изображений на экране, реагирует на их яркость. Яркость экрана зависит от его светотехнических характеристик и освещенности, создаваемой источником света кинопроектора.

В качестве источников света в кинопроекторах различных типов применяются лампы накаливания, угольные дуги и газоразрядные лампы (ксеноновые и в редких случаях ртутные лампы сверхвысокого давления). Применение того или иного источника света зависит от световой мощности кинопроектора, т. е. от значения светового потока, который должен быть обеспечен в его кадровом окне или в конечном счете от площади экрана киноустановки, для которой предназначен кинопроектор. Наибольшие световые потоки обеспечиваются угольными дугами высокой интенсивности, 30—40% всего излучения которых приходится на видимую часть спектра. Лампы накаливания (особенно с галогенным циклом) удобны для применения в качестве источников света в маломощных передвижных кинопроекторах.

Благодаря небольшим размерам тела накала лампы некоторых типов совмещают в себе также и осветительную систему — встроенный зеркальный отражатель; в некоторых лампах отражателем служит стенка колбы соответствующей формы.

Широкое применение получили газоразрядные ксеноновые лампы, представляющие собой кварцевую шаровидную колбу, наполненную под давлением ксеноном; внутри колбы находятся на близком расстоянии два электрода.

Помимо световой мощности источника света важным параметром является спектральная характеристика его излучения. Спектральный состав угольной дуги высокой интенсивности и ксеноновой лампы близок к дневному; у лампы накаливания он значительно отличается от дневного: в нем преобладают красные лучи. Первые два источника обеспечивают лучшую цветопередачу при демонстрации цветных фильмокопий, которые печатают в расчете на использование в качестве источника проекционного света дуги высокой интенсивности.

Для эффективного использования светового потока источника света применяют сферический отражатель и конденсор в системах с лампой накаливания, сферический отражатель в системах с угольной дугой, эллипсоидный отражатель (зеркало) и сферический контротражатель в системах с ксеноновой лампой. Правильная юстировка осветительной системы предполагает соосность всех ее оптических элементов, соблюдение необходимых расстояний между ними и источником света. Нарушение этих условий сопровождается потерей до 50% светового потока и неравномерным освещением экрана.

Киноэкраны, применяемые при демонстрации кинофильмов, отличаются светотехническими характеристиками, структурой поверхности и конструктивными особенностями, определяющими их назначение. Основные светотехнические характеристики их: ко-

эффициент отражения (или пропускания для просветных экранов*), осевой коэффициент яркости и показатель направленности.

Материалом для экранов всех типов, кроме экранов направленного отражения, служат поливинилхлоридные пластики, для направленных экранов — винилискожа. Экраны последнего типа с белой поверхностью применяются для показа обычных (главным образом узкоплотных) фильмов в помещениях без существенной засветки; бело-матовые экраны — для показа обычных и широкоэкранных фильмов в таких же помещениях длиной до 15 м.

В залах любой длины и формы для проекции фильмов любых видов применяют бело-матовые перфорированные экраны (за которыми размещаются громкоговорители).

В узких залах без балкона длиной до 15 м и шириной не более половины их длины для демонстрации обычных фильмов применяют направленные алюминированные экраны (при пониженной освещенности или повышенной засветке обязательно применение вогнутой рамы). Такие же, но перфорированные экраны рекомендуются в узких залах длиной до 18 м для показа обычных и широкоэкранных фильмов.

Применение растровых алюминированных направленных экранов ограничено залами без балконов длиной до 15 м при пониженной освещенности; такие же, но перфорированные экраны применяют для проецирования обычных и широкоэкранных фильмов в залах без балконов длиной до 27—30 м.

Типы киноэкранов, их основные параметры и размеры поля экранных полотнищ установлены отраслевым стандартом ОСТ 19-32—74.

Практически используемые диффузно-отражающие (бело-матовые) экраны имеют коэффициент яркости не менее 0,82 и 0,77 (для перфорированных) и обеспечивают достаточно равномерное отражение света под разными углами.

Необходимость краткого изложения основных требований стандарта вызвана существенной ролью, которую играет правильный выбор экрана для обеспечения высокого качества проецируемого изображения.

Для унификации условий печати и демонстрации кинофильмов, при которых обеспечиваются на экране оптимальное воспроизведение интервала яркостей объекта съемки (наилучшего различения деталей изображения) и требуемая насыщенность цветов, стандартизованы (в международном масштабе) значение яркости и ее равномерность для киноэкранов контрольных залов киностудий и кинокирпачных фабрик.

Согласно действующему в нашей стране стандарту **, распространяющемуся на киноустановки, яркость в центре экрана должна сос-

* Экраны, предназначенные для проекции «на просвет» и применяемые в специальных целях, например для кинопоказа при значительных освещенностях в помещении.

** РТМ 19-77—77. Руководящий технический материал по развитию и техническому оснащению киносети СССР.

тавлять $40 \pm \frac{25}{-10} \frac{\text{кД}}{\text{М}^2}$. Этим стандартом установлены также допустимая неравномерность яркости в разных точках экрана и методы контроля. Значения яркости экрана при освещении его разными кинопроекторами одной киноустановки не должны отличаться более чем на 15%.

Звуковая часть кинопроектора включает в себя стабилизатор скорости, который предназначен для обеспечения равномерной скорости движения фонограммы, и звукочитающую систему.

Простейший по конструкции стабилизатор скорости представляет собой маховик, насаженный на вал гладкого звукового барабана, вращающийся на шарикоподшипниковых опорах.

В универсальных кинопроекторах для 35/70-мм фильмокопий воспроизведение шестиканальной магнитной фонограммы требует применения стабилизатора скорости более сложной конструкции, состоящего из двух гладких барабанов, на валах которых насажены маховики, а также двух натяжных подпружиненных роликов и демпфера.

Звукочитающая система состоит из звуковоспроизводящего оптического устройства с фотоприемником или (и) магнитной головки воспроизведения (блока магнитных головок).

Звуковоспроизводящее оптическое устройство предназначено для получения в плоскости фонограммы весьма узкого светового читающего штриха (при так называемом «прямом» чтении) или равномерно освещенного участка, проецируемого с увеличением на механическую цель (при «обратном» чтении). Устройство состоит из читающей лампы, оптических элементов, механической цели и микрообъектива.

Принцип воспроизведения фотографической фонограммы основан на модулировании ею света, падающего на фотоприемник, с помощью которого колебания интенсивности света преобразуются в электрические колебания.

Магнитная головка воспроизведения в общем случае представляет собой сердечник с весьма узкой рабочей щелью между его полюсными наконечниками, которая делит на два (практически равных) участка поверхность контакта головки с магнитной дорожкой на фильмокопии. Магнитный поток магнитной фонограммы проходит через сердечник головки и наводит в находящейся на нем обмотке электродвижущую силу. При этом имеет место преобразование остаточной намагниченности магнитной фонограммы в электрические колебания.

Электрические колебания от фотоприемника или магнитной головки воспроизведения усиливаются и подводятся к громкоговорятелю. С помощью громкоговорятеля осуществляется последнее преобразование электрических колебаний в механические — звуковые.

Применяемые на киноустановках усилители и громкоговорятели при правильных режимах их эксплуатации обеспечивают надлежащее воспроизведение речи и музыки, записанных в кинофильмах.

§ 49. Зрительный зал

Зрительный зал, его форма, размеры, акустические характеристики, расположение в нем экрана, громкоговорителей и зрительских мест, а также условия комфорта играют немаловажную роль в восприятии зрителями кинофильма и оценке его художественных и технических свойств.

В процессе производства кинофильма качество снятого изображения и записи звука многократно контролируется на экране. От условий, при которых производится этот контроль, зависит правильность выносимых суждений о результатах работы, а также принимаемых мер для тех или иных исправлений.

Условия контроля в процессе производства фильма часто отличаются от условий демонстрации фильмокопий на киноустановках. Ниже вкратце приведены общие требования к кинопоказу, которые в необходимых случаях со знанием дела могут корректироваться.

Форма и объем залов кинотеатров чаще всего отличаются от формы и объема просмотровых залов киностудий и кинокопировальных фабрик.

С учетом все возрастающих требований к комфорту для кинозрителей (форма кресел, расстояние между рядами кресел, внутренняя отделка зала, достаточность удельного объема воздуха, наличие вентиляции, кондиционера, отсутствие посторонних похем и т. д.) все большее развитие получают многозальные кинотеатры.

Одним из условий правильного восприятия киноизображения на экране является достаточность времени для адаптации зрения при переходе из светлого помещения в темное. В зрительном зале кинотеатра адаптация наступает сравнительно быстро, безболезненно и без ущерба для правильного восприятия киноизображения, если освещение зала гаснет постепенно, плавно в течение примерно 30 с.

Расположение киноэкрана, громкоговорителей и зрительских мест должно быть таким, чтобы с любого места наблюдалось все проецируемое на экране киноизображение и были слышны без искажений все сопровождающие фильм звуки.

Размеры экрана должны быть такими, чтобы его вертикальные границы были возможно более удалены друг от друга и не находились в поле зрения кинозрителя при наблюдении действия, разыгрываемого обычно в средней части киноизображения, где сосредоточены сюжетно важные объекты.

Предпочтение отдается изогнутой (цилиндрической) форме экрана, при которой кинозрители находятся как бы в центре проецируемого изображения.

На качество зрительного восприятия киноизображения существенно влияет расстояние, отделяющее зрителя от экрана. Малое расстояние делает заметными зернистую структуру киноизображения, его нерезкость, неустойчивость и механические дефекты. Наблюдаемое при этом под большим углом зрения киноизображение воспринимается с геометрическими искажениями. Чрезмерное удаление зрителя от экрана и соответственно уменьшение угла зрения ухудшает

различение малых деталей изображения (или приводит к их полной потере).

Наилучшее место в кинозале, с которого правильно воспринимается изображение (так называемый центр перспективы), расположено на его продольной оси (средней линии) на расстоянии от экрана, во столько раз большем его ширины, во сколько раз фокусное расстояние киносъёмочного объектива больше ширины проецируемой части изображения кинокадра фильма. Однако зрительный аппарат человека допускает значительные искажения перспективы при кинопроекции, благодаря чему с мест, расположенных вблизи центра перспективы (слева и справа от него, впереди и позади вдоль оси зала), также обеспечивается относительно правильное восприятие изображения. Естественно, что при съёмке фильма с объективами с различными фокусными расстояниями (или с объективом с переменным фокусным расстоянием) зона благоприятной видимости в зале перемещается относительно экрана.

Одновременно с искажениями перспективы искажается при проекции также и темп движения изображения объектов съёмки на экране, что особенно заметно при использовании для киносъёмки объективов с фокусными расстояниями, значительно отличающимися от фокусного расстояния нормального (штатного) объектива: скорость возрастает с уменьшением фокусного расстояния объектива и уменьшается с увеличением фокусного расстояния.

Для полной оценки достоинств фильма нельзя не учитывать его звуковое сопровождение, качество восприятия которого существенно зависит от акустических свойств зрительного зала.

Акустические свойства зала характеризуются временем стандартной реверберации (т. е. временем, в течение которого интенсивность звучания уменьшается в 1 000 000 раз, или на 60 дБ), диффузностью звукового поля*, частотной характеристикой звукового давления и другими показателями.

Время реверберации в малых залах невелико и практически одинаково на разных частотах, в больших — велико и различно на разных частотах.

Акустической обработкой залов достигается оптимальное значение времени реверберации, при котором хорошо звучит музыка и достаточно разборчивость речи.

Действующий в настоящее время международный стандарт на электроакустическую частотную характеристику канала звуковоспроизведения преследует цель, аналогичную цели, достигаемой стандартизацией яркости киноэкрана. Наличие объективных требований к электроакустической частотной характеристике просмотрных залов киностудий, копировальных фабрик и кинотеатров, возможность их обеспечения и контроля позволяет унифицировать условия воспроизведения фонограммы кинофильмов и, следовательно, совершенствовать их.

* Диффузность звукового поля характеризует равномерность звуковой энергии в различных точках поля.

§ 50. Оценка технического качества кинопоказа

Качество киноизображения на экране в основном оценивается интервалом яркостей, цветопередачей и насыщенностью цветов, резкостью и значением неустойчивости изображения.

Из-за засветки экрана посторонним рассеянным светом снижается интервал яркостей киноизображения относительно интервала светопропусканий изображения фильмокопии. Это приводит к снижению различимости деталей изображения, если они находятся на фоне одинакового с ними цвета, к уменьшению насыщенности цветов и снижению контраста, воспринимаемым субъективно как ухудшение резкости изображения.

Источниками паразитной засветки киноизображения на экране являются: рассеянный свет в проекционном объективе из-за многократных отражений света от поверхностей линз, фасок и внутренней поверхности оправы; свет, отражаемый от краев экрана при его цилиндрической форме, от стен потолка и других предметов зала (в том числе от зрителей); посторонний свет, падающий на экран сквозь окна аппаратной, через неплотно закрытые двери, и т. п. При загрязнении линз объективов и стекол аппаратной рассеяние ими света с 2—3% увеличивается до 10—12% от проходящего света, что существенно снижает контраст изображения на экране.

На следующем примере покажем влияние засветки на контраст изображения.

Если через самый светлый участок изображения кадра проходит 40% (0,4) от падающего на него света, а через самый темный 2% (0,02), то при средней освещенности экрана (без фильма), равной 250 лк, и отсутствии засветки освещенность самого светлого участка составит $250 \cdot 0,4 = 100$ лк, а самого темного $250 \cdot 0,02 = 5$ лк. Значение яркости этих участков на диффузном бело-матовом экране, имеющем коэффициент яркости 0,82, составит *

$$\frac{100 \cdot 0,82}{3,14} = 26,1 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2} \text{ и } \frac{5 \cdot 0,82}{3,14} = 1,3 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}.$$

Контраст изображения определится как отношение этих значений и составит $\frac{26,1}{1,3} \approx 20$.

Наличие паразитной засветки всего в 2% дает приращение освещенности экрана всего на $250 \cdot 0,02 = 5$ лк, что существенно не влияет на яркость светлого участка, однако увеличит яркость темного вдвое, т. е. до $2,6 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$, и соответственно снизит вдвое контраст изображения.

* Для определения яркости в канделах на квадратный метр (кд/м²) освещенность в люксах (лк) умножается на коэффициент яркости и делится на число π (3,14).

С учетом засветки яркость светлого $\frac{(100 + 5) \cdot 0,82}{3,14} \approx 27,4 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$,

яркость темного $\frac{(5 + 5) \cdot 0,82}{3,14} \approx 2,6 \frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$, а контраст изображения на экране $\frac{27,4}{2,6} \approx 10,5$.

Для оценки резкостных свойств кинематографической системы в целом и ее составляющих элементов пользуются простым обобщенным критерием — разрешающей способностью. В случае определения резкостных свойств киноизображения на экране этот критерий имеет в виду способность кинопроекционной системы обеспечить раздельное воспроизведение на экране изображения штрихов миры испытательной таблицы или соответствующего тест-фильма.

Разрешающая сила кинопроекционных объективов, характеризующая их резкостные свойства, также определяется с помощью таблицы с мирами. Она больше (иногда вдвое) в центре, чем на краях изображения.

Ухудшение резкости изображения на экране может быть вызвано невозможностью обеспечения перпендикулярности к поверхности экрана оптических осей объективов разных кинопроекторов одной киноустановки, а также превышением вертикальных и горизонтальных углов проекции относительно значений, установленных нормами и правилами строительного проектирования киноустановок.

Причинами плохой резкости изображения и невозможности ее улучшения фокусировкой объектива являются загрязнение поверхностей его линз, а также неправильная установка (перекосы) проекционных стекол аппаратной и их загрязнение.

Существенным образом влияет на резкость изображения поведение фильма в фильмовом канале кинопроектора. Облучение фильма в кадровом окне большим световым потоком приводит к выпучиванию киноплёнки и выведению ее из плоскости фокусирования объектива; результатом этого является «пульсирование» («дыхание») резкости и невозможности достижения оптимальной фокусировки объектива.

Степень выпучивания кадра (и, следовательно, нерезкости) зависит от многих причин; главные из них: мощность источника света кинопроектора, значение средней прозрачности кадров, форма фильмового канала и сила прижима в нем киноплёнки.

В связи с этим в мощных кинопроекторах, в первую очередь в универсальных для 35- и 70-мм фильмокопий, стали применять криволинейные фильмовые каналы, придающие плёнке большую жесткость.

Уменьшение нагрева фильма достигается применением так называемых интерференционных отражателей, фильтрующих бесполезную (не участвующую в образовании изображения на экране) тепловую часть лучистого потока источника света.

К частично или полностью устранимым факторам, уменьшающим резкость изображения на экране, относятся: образование нагара на участках фильмового канала, контактирующего с плёнкой, неточная

установка obtюратора и «смазывание» изображения (из-за так называемой «тяги» obtюратора), перегрев линз объектива, вызывающий изменение его фокусного расстояния.

Достижение оптимальной фокусировки объектива и юстировки анаморфотной насадки кольцом дальности возможны с помощью соответствующего тест-фильма.

Киноизображение на экране практически всегда неустойчиво: оно колеблется как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении.

Причины неустойчивости киноизображения множество. Незначительные колебания положения отдельных кадров в кинопозитиве увеличиваются в процессе производства фильмокопий и достигают заметных кинозрительно значений в процессе увеличения кадров при их проецировании на экран.

Выявление источника неустойчивости фильма в кадровом окне кинопроектора и ее количественная оценка также производятся с помощью тест-фильма.

Неустойчивость фильма в кадровом окне фильмового канала допускается: в отдельных типах 35-мм кинопроекторов — до 0,025 и 0,030 мм по вертикали и до 0,025 мм по горизонтали; в 35/70-мм — до 0,025 мм в обоих направлениях; в отдельных типах 16-мм кинопроекторов — до 0,020 и 0,025 мм в обоих направлениях.

К другим возможным дефектам кинопроекции относятся искажения формы и размеров изображения на экране, неточное совмещение с обрамлением экрана изображений, проецируемых разными кинопроекторами одной киноустановки; заметность этих искажений особенно велика при переходе с одного проектора на другой.

При переходах с одного кинопроектора киноустановки на другой может обнаружиться заметное различие световых потоков, а также различие их спектрального состава. Причиной последнего может быть использование на разных кинопроекторах интерференционных отражателей с различной спектральной характеристикой и объективов с различной цветностью.

Качество звучания фильмов оценивается на слух, однако существует ряд объективных показателей, позволяющих определить, в какой мере при кинопоказе может быть воспроизведена картина первичного звукового поля, имевшая место при звукозаписи.

Человек воспринимает как звук механические колебания с частотой от 16 до 16 000 Гц и интенсивностью, обуславливающей динамический диапазон громкостей от 0 до 120 дБ.

Особенностью слуха человека является способность различать направление звука и расположение источника звучания в пространстве (так называемое бинауральное слушание).

Совершенная звукопередача возможна при ограничении частотного диапазона частотами от 40 до 12 000 Гц и динамического диапазона до 45 дБ для речи и пения и до 70 дБ для музыки.

Задача воспроизведения в зале кинотеатра при демонстрировании кинофильма первичного звукового поля практически невыполнима в силу серьезных технических ограничений.

Стерефоническое многоканальное звуковоспроизведение в настоящее время обеспечивается лишь при демонстрации 70-мм широкоформатных фильмов с шестью магнитными фонограммами.

Частотный диапазон фотографической фонограммы простирается от 50 до 8000 Гц в 35-мм и от 100 до 6000 Гц в 16-мм фильмокопиях. Частотный диапазон магнитной фонограммы расширен до 12 000 Гц в 70-мм и до 8000 Гц в 16-мм фильмокопиях.

Динамический диапазон громкости фотографической фонограммы равен 40 и 30 дБ соответственно в 35- и 16-мм фильмокопиях; магнитная фонограмма имеет динамический диапазон около 50 и 40 дБ соответственно в 70- и 16-мм фильмокопиях.

Неисправности канала звуковоспроизведения киноустановки (нарушение юстировки светового читающего штриха, износ магнитной головки, а также неправильное их положение относительно фонограммы, неудовлетворительная работа стабилизатора скорости, нарушение электрических режимов усилителя и его неисправность, дефекты громкоговорителей и т. п.) приводят к искажениям звукопередачи. Характер и заметность искажений звукопередачи зависят от причин, их вызвавших.

Для обнаружения источников искажений используются звуковые тест-фильмы, с помощью которых производятся также необходимые регулировки звуковой части кинопроектора, измерения и контроль канала звуковоспроизведения киноустановки.

Специфическим видом искажений, присущим только кинематографу, является нарушение синхронизма (асинхронизм) между изображением на экране и соответствующим ему звуком. Причиной асинхронизма может быть неудовлетворительная синхронизация пленок изображения и фонограммы в процессе производства, а также массовой печати фильма и неправильная зарядка фильмокопии в кинопроекторе. Удовлетворительное совпадение звука с соответствующей артикуляцией губ говорящего при совершенной синхронизации изображения и звука и правильной зарядке фильма в кинопроекторе обеспечивается для зрительских мест на расстоянии от громкоговорителя, равном в залах средней длины 15 м.

Несовпадение звука и изображения в пределах $\pm 0,04$ с практически незаметно даже на крупных планах. Благодаря этому асинхронизм оказывается незаметным для определенной зоны мест.

Для достижения удовлетворительного синхронизма в залах малой длины (например, в просмотровых) длину петли фильма между кадровым окном и световым читающим штрихом увеличивают на 1 кадр; в длинных залах, наоборот, уменьшают. При воспроизведении шестиканальной магнитной фонограммы блоком головок, опережающим кадровое окно, для достижения синхронизма в коротких залах длину петли фильма увеличивают, а в длинных — уменьшают на 1 кадр.

Оценка технического качества демонстрирования фильма (и рабочих материалов) должна проводиться лишь после достижения соответствия проекционной и звуковоспроизводящей части киноустановки техническим условиям на аппаратуру и ее отдельные элементы.

§ 51. Телекинопередача

Телекинопередатчик (или телекинопроекция) называется передачей по телевидению кино- и телефильмов.

Для целей телекинопроекции световой сигнал, получаемый при воспроизведении изображения кино- и телефильмов, преобразуется в электрический с помощью специальной телекинопередаточной аппаратуры.

Телекинопередатчик (телекинопроектор) состоит из лентопротяжного механизма и оптико-электронного считывающего устройства, преобразующего киноизображение в видеосигналы.

Преобразование возможно с помощью обычной кинопроекционной системы с прерывистым движением фильма, изображающей кинокадры на мишени передающих трубок с накоплением, либо с помощью бегущего пятна, проецируемого с экрана специального кинескопа и считывающего (разворачивающего) изображение кадров фильма при его непрерывном движении. Преобразование световых сигналов в электрические в первом случае происходит в передающих трубках, во втором — в фотоэлектронных умножителях.

Практика цветной телекинопередачи показывает, что более высокое качество обеспечивается при преобразовании светового сигнала в электрический с помощью бегущего пятна.

В системе, основанной на использовании принципа бегущего луча, световое пятно, перемещаясь построчно, проходит через кинопленку, модулируется плотностями изображения и расщепляется на три цветовые составляющие: синий (С), зеленый (З) и красный (К) (рис. VIII.3). Эти составляющие с помощью фотоумножителей преобразуются на выходе системы в электрические сигналы синего, зеленого и красного.

При телекинопроекции с бегущим лучом, как правило, используют кинопроекторы с непрерывным движением кинопленки. Его важнейшим узлом является оптический компенсатор, представляющий собой качающиеся зеркала и обеспечивающие непрерывность проецирования изображения.

Существенным недостатком телекинопередатчиков с бегущим лучом является невозможность их стыковки с несколькими передатчиками изображения и сложность регулирования механизма, управляющего зеркалами.

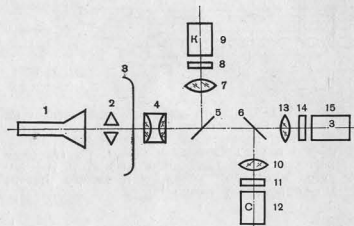


Рис. VIII.3. Схема передачи фильма телекинопроектором с бегущим лучом: 1 — кинескоп, 2 — объектив, 3 — фильм, 4 — конденсор, 5-6 — светоделительные узлы, 7, 10, 12 — объективы, 8, 11, 14 — корректирующие светофильтры, 9, 12, 15 — фотоумножители

В этом случае световой поток, проходящий через кадровое окно, модулируется изображением фильма, расщепляется светоделительным устройством и образует в плоскости фотокатодов трех передаю-

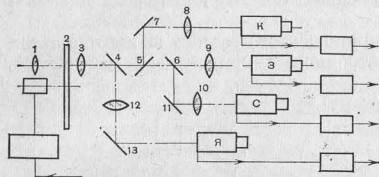


Рис. VIII.4. Схема цветной телекамеры на четырех передающих трубках: 1 — объектив, 2 — диск переменной плотности, 3 — линза, 4—6 — цветоделительные узлы, 7, 11, 13 — зеркала, 8—10, 12 — объективы, К, З, С — каналы красного, зеленого и синего цвета; Я — яркий канал

щих трубок три цветоделенные изображения. Датчики изображения в большинстве случаев имеют четыре канала — три цветных и один яркий (рис. VIII. 4). Телекинопередатчики с трубками накопления легко стыкуются с кинопроекторами для фильмов любого формата и с диапроекторами.

Недостаток этой системы — в некотором снижении контраста изображе-

Крупноформатное телевидение, приобретающее все большее значение, осуществляется с помощью замкнутых телевизионных систем, обеспечивающих одновременную демонстрацию изображений на большое количество установок. Перспективна система, основанная на использовании проекционного способа. По этому способу телевизионный видеосигнал может поступать от передающих камер, видеоманитов, телекинопроекторов и т. д.

Проекция с экрана электронно-лучевой трубки требует очень высокой яркости изображения. Основные элементы этой системы — электронно-лучевая трубка и экран, который в 2—3 раза больше экрана трубки.

К телекинопроекционным установкам, использующим диакопический метод, относится система Eidophor, основанная на механической деформации поверхности вязкой жидкости электронным пучком, под действием которого в слое жидкости возникает рельефный растр, выполняющий функ-

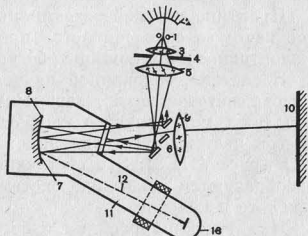


Рис. VIII.5. Схема телекинопроектора: 1 — ксеноновая лампа, 2 — зеркальный отражатель, 3 — конденсор, 4 — диафрагма, 5 — конденсор, 6 — зеркальные целевые растры (на рисунке показано только три), 7 — масляная пленка, 8 — вогнутое зеркало, 9 — проекционный объектив, 10 — экран, 11 — вакуумная камера, 12 — электронный луч, 13 — электронная пушка

Световой поток от мощного источника света через конденсор, кадровое окно и второй конденсор попадает на систему зеркальных растров и направляется к сферическому зеркалу, на поверхность которого нанесена масляная пленка. Если поверхность масляной пленки совершенно гладкая, свет на экран не попадает. При деформации масляной пленки электронными пучками отраженные лучи смещаются и с помощью объектива образуют на экране изображение, которое может быть очень четким, так как ограничивается только полосой частот телевизионной системы.

Для телекинопередачи иногда используют цветной негатив изображения. Позитивное изображение при этом получают методом электронного обращения.

Использование негатива мотивируется тем, что он имеет пологую характеристическую кривую с малыми плотностями, весьма благоприятную для телекинопроекции, особенно по принципу бегущего луча, а также тем, что исключаются затраты материалов и времени на изготовление позитива. При работе с маскированным негативом при телепередаче необходима небольшая коррекция и исключаются искажения, возникающие за счет позитивного процесса.

При передаче негатива в телетракте используется специальный блок преобразования (обращения) «негатив — позитив» и устройство для свето-цветокорректирования из-за возможного различия отдельных плапов по плотности и цветовому балансу.

Негативы подвергают тщательной очистке: их загрязнения при телевизионной передаче воспроизводятся на экране телевизора в виде белых пятен; во избежании скачков изображения и обрывов увеличивают прочность склеек.

Размерные параметры изображения, используемые при телекинопроекции, приведены на рис. VIII.6.

Качество черно-белой и цветной телекинопередачи зависит не только от качества работы телекинопередатчиков. Среди причин неудовлетворительной передачи по телевидению кино- и телевизионных фильмов основными являются следующие:

- 1) большое различие между контрастом изображений переда-

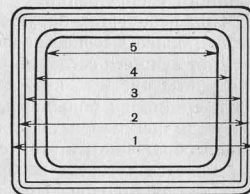


Рис. УП1.6. Размеры изображения в фильмах для телевидения: 1 — размеры изображения при кинолентесъемке (на 35-мм киноленте 22X16 мм, на 16-мм киноленте 10,22X7,41 мм); 2 — размеры изображения при кинопроекции (для 35-мм кинофильма 20,9X15,2 мм; для 16-мм кинофильма 9,64X7,06 мм); 3 — размеры изображения при телепроекции (для 35-мм кинофильма 20,15X15,03 мм; для 16-мм кинофильма 9,4X7,06 мм); 4 — наиболее важная часть изображения (на 35-мм киноленте 18,11X13,58 мм; на 16-мм киноленте 8,40X6,31 мм); 5 — поле для титров (на 35-мм киноленте 18,11X13,58 мм; на 16-мм киноленте 7,48X6,07 мм).

ваемых кино- и телефильмов и контрастом телевизионных изображений на экране кинескопа;

2) увеличение при телекинопроекции цветоделительных и полупроводниковых искажений цветных киноплёнок;

3) возможные ошибки цветового баланса в цветном киноизображении;

4) колебания плотности киноплёнки.

Условия наблюдения киноизображения на экране киноустановки существенно отличаются от условий наблюдения изображения на экране телевизора. Результатом этого различия является более критическая оценка телезрителем контраста и цветности деталей телевизионного изображения.

При небольших нарушениях цветового баланса может быть обеспечено более высокое качество телекинопроекции.

Для лучшего согласования цветных кино- и телевизионной систем контрасты цветных изображений кино- и телефильмов не должны быть чрезмерно большими. Лучшие результаты могут быть получены, если использовать для телекинопередачи цветные негативные киноизображения; в этом случае (как и в черно-белом телевидении) повышается четкость изображения.

Наилучший способ оценки технического качества кино- и телефильмов, предназначенных для телекинопередачи, — просмотр их на экране телевизора. Фильмы, получившие высокую оценку при таком способе контроля, как правило, обеспечивают высокие технические показатели также и при проецировании их на киноэкран.

Практически контроль с помощью телевизионного канала производится редко, а контроль на киноэкране не является эффективным: изображение кино- и телефильма, обнаруживающее на киноэкране высокие показатели, часто не удовлетворяет требованиям телекинопроекции.

Эффективность контроля на киноэкране может быть повышена при условии приведения его размерных и светотехнических параметров в соответствии с параметрами экрана телевизоров.

Глава IX ПРОЦЕСС СТАРЕНИЯ

Процесс старения — процесс, приводящий к изменениям фотографических и физико-механических свойств киноплёнок. Процессы старения различны, недостаточно изучены и трудноуправляемы.

§ 52. Сохраняемость киноплёнок

Светочувствительные слои киноплёнок наиболее чувствительны к процессу старения, протекающему во время хранения. Этот процесс приводит к понижению светочувствительности, контрастности и к повышению плотности вуали. Особенно отрицательно сказывается старение на цветных киноплёнках, у которых светочувствительные слои различны и потому изменяются неодинаково, что нарушает их баланс и приводит к цветоискажению.

Основными факторами, влияющими на старение киноплёнок, являются: состав светочувствительного слоя, взаимодействие слоя с подложкой, способ упаковки киноплёнки и упаковочные материалы, температура и влажность окружающего воздуха, продолжительность хранения и т. д. Сероводород, аммиак, выхлопные газы, испарения скипидара и некоторых растворителей, а также радиоактивные излучения способствуют быстрому протеканию процесса старения.

Поперечный разрез киноплёнки показывает, что около 90% общей толщины ее составляет подложка. В подложке во время хранения киноплёнок также происходят химико-физические процессы, приводящие к изменению механических свойств.

Киноплёнки, как гигроскопический материал, стремятся к выравниванию своей влажностью с влажностью окружающей среды. При повышенной влажности светочувствительный слой сильно набухает, в результате киноплёнки выгибаются светочувствительным слоем наружу. При малой влажности, наоборот, светочувствительный слой прогибается внутрь (рис. IX.1). Любой вид скручивания вреден, так как затрудняет транспортирование и прижим киноплёнки в фильмовом канале различных аппаратов. Кроме того, в этом случае поверхности киноплёнок легко царапаются.

Светочувствительные слои подвержены и биологическим процессам вследствие жизнедеятельности микроорганизмов, для которых

эти слои служат хорошей питательной средой. Под действием микроорганизмов — плесневых грибов — желатина разрушается.

Главная причина появления хрупкости — высыхание слоев, для которых вода служит пластифицирующим веществом. Поэтому большое значение приобретает содержание воды в светочувствительных слоях и в окружающем воздухе. Хранение киноплёнок в условиях, способствующих усилению хрупкости и жесткости, т. е. при недостаточной влажности и высокой температуре, приводит к порче материала. При избытке влажности в окружающей среде возможно слипание киноплёнок.

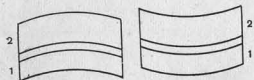


Рис. IX.1. Деформация киноплёнки во время хранения: 1 — подложка, 2 — эмульсионный слой

Упаковочные материалы должны защищать киноплёнки от внешних воздействий. Однако они могут иногда быть и причиной старения. Некоторые упаковочные материалы выделяют газообразные вещества, взаимодействующие со светочувствительным слоем; такие материалы не обладают защитными свойствами против агрессивных компонентов во внешней среде, т. е. являются пыле-, газо- или влагопроницаемыми.

Свойства киноплёнок ухудшаются с увеличением срока хранения. Как правило, чем выше светочувствительность киноплёнок, тем заметнее явления старения. Обычно заводы устанавливают для каждого вида киноплёнок гарантийные сроки хранения, в течение которых сенситометрические показатели не выходят за пределы допусков, предусмотренных техническими условиями на материал. Отечественные заводы гарантийными сроками считают: для черно-белых киноплёнок — один год, для цветных — шесть месяцев. Однако это не значит, что киноплёнки становятся непригодными по истечении гарантийного срока. При благоприятных условиях хранения многие киноплёнки, особенно низкочувствительные, можно использовать и после гарантийного срока.

Наилучшие условия хранения обеспечиваются в помещении с кондиционированным воздухом, где киноплёнки защищены от действия прямых солнечных лучей и вредных газов. Коробки в фабричной упаковке следует помещать на полки, причем нижняя полка должна находиться в 15—20 см от пола. Для большинства киноплёнок нормальные условия хранения обеспечиваются при температуре воздуха 14—22°C и относительной влажности 50—70%. Чем ближе к 20°C температура воздуха, а относительная влажность — к 60%, тем лучше сохраняется плоскостность киноплёнок.

Если нет возможности поддерживать постоянную температуру в помещении, предпочтительно хранить киноплёнку в коробках с неплотно пригнанными крышками, так как при плотно закрытой крышке снижение температуры может вызвать конденсацию влаги на поверхностях киноплёнки, что приведет к слипанию слоев и их повреждению.

В целях замедления процессов старения высокочувствительные

цветные и инфрахроматические киноплёнки часто рекомендуют хранить при температуре ниже —20°C и относительной влажности ниже 10%. Однако при таком хранении возможно пересыхание слоев и удаление пластификаторов из подложки, что приводит к увеличению хрупкости киноплёнок. При очень низкой температуре (—40°C) киноплёнки могут стать настолько хрупкими, что будут ломаться, как стекло. Кроме того, переохлажденная киноплёнка может слиться от конденсации влаги. Чтобы избежать слипания, необходимо коробки с киноплёнкой до вскрытия нагреть до температуры, при которой будут использоваться киноплёнки. Это условие относится и к киноплёнкам, хранимым в холодильнике.

Целесообразно при хранении киноплёнок в холодильнике поместить в него влагопоглотитель, например силикагель, чтобы предупредить возможность конденсации. Разумеется, в холодильнике не должно быть мясных и рыбных продуктов, часто образующих вещества, способствующие гниению, — меркаптаны, вуализующие киноплёнки.

При транспортировании киноплёнок длительное время по железной дороге или в автомашинах рекомендуется для черно-белых киноплёнок поддерживать температуру не выше 10°C, а для цветных — не выше 4°C. Если транспортировка кратковременная, тогда допустима температура до 20°C.

При такой же температуре короткое время можно хранить киноплёнки на станциях железных дорог, в аэропорту и в морских портах. Регулировать влажность в данных условиях невозможно, однако коробки, заклеенные липкой лентой, достаточно оберегают киноплёнки от проникновения влаги.

Киноплёнки, предназначенные для использования при высоких температуре и влажности, например в тропиках и в других подобных условиях, должны быть дополнительно упакованы, часто в герметические установки.

Хранение в кассетах, в съёмочных аппаратах и в коробках с разрушенной заводской упаковкой отрицательно сказывается на свойствах киноплёнки, так как в этих случаях они не будут защищены от окружающей среды. Поэтому киноплёнки не следует оставлять без заводской упаковки дольше, чем это необходимо для непосредственной работы.

§ 53. Сохраняемость скрытого изображения

Скрытое изображение на киноплёнке может сохраняться годами, но может разрушиться и очень быстро.

Сохраняемость скрытого изображения и его разрушение — регрессия — обусловлены рядом взаимосвязанных и сложных процессов, полностью не изученных. Степень регрессии неодинакова: в одних случаях она едва заметна, в других — приводит к полному исчезновению скрытого изображения. Регрессии особенно подвержены низкочувствительные и мелкозернистые киноплёнки, в том числе позитивные и контратипные. Наиболее сильна регрессия в первые

дши, а иногда и часы хранения экспонированных киноплёнок. С повышением температуры и влажности окружающего воздуха регрессия усиливается. Хранение экспонированных киноплёнок при пониженной температуре замедляет регрессию или полностью ее исключает.

Полагают, что в процессе хранения экспонированных киноплёнок происходит разрушение части центров скрытого изображения за счёт их рассасывания. В результате уменьшается вероятность проявления микрокристаллов галогенида серебра. Замечено, что, чем выше светочувствительность микрокристаллов, тем стабильнее в них центры и тем менее подвержены они регрессии. Первоначально разрушаются малоэкспонированные детали изображения, что сказывается на проработке деталей в тенях объекта.

При хранении экспонированных киноплёнок в присутствии сероводорода, аммиака, перекиси водорода, формальдегида, некоторых красок и других агрессивных веществ центры скрытого изображения могут вступать в реакцию с ними и образовывать такие серебряные соли, которые перестают служить центрами проявления.

В целях предупреждения регрессии следует избегать длительного хранения экспонированных киноплёнок, особенно при высокой температуре и влажности воздуха, а также в окружении агрессивных веществ. Цветные киноплёнки, в том числе и позитивные и контрастные, следует подвергать фотографической обработке как можно скорее после экспонирования.

В случае работы во влажном или жарком климате экспонированные киноплёнки необходимо тщательно упаковывать, обклеивая коробку двумя-тремя витками липкой ленты. В коробке с киноплёнкой целесообразно помещать мешочки из марли с силикагелем или другим влагопоглощающим веществом.

По ОСТу 19-62—76 установлены следующие сроки хранения экспонированных киноплёнок: до трех суток — при температуре воздуха $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажности $60 \pm 10\%$, до 15 суток — при температуре воздуха $7 \pm 3^\circ\text{C}$ и относительной влажности $60 \pm 10\%$, т. е. в холодильнике. В исключительных случаях ОСТом допускается хранение экспонированной киноплёнки в течение 15 суток при температуре 20°C .

Экспонированные киноплёнки должны быть намотаны на стандартные сердечники, упакованы в светонепроницаемые пакеты и помещены в коробки.

Киноплёнки, экспонированные при печатании, могут храниться в специальных шкафах или на стеллажах в помещении при неактивном освещении, сроком до трех суток.

Известно разрушение скрытого изображения, названное эффектом Гершеля, которое происходит в том случае, если на киноплёнку действовало излучение с длиной волны большей, чем при первоначальном экспонировании изображения. Так, при засветке красным светом неенсибилизированных слоёв киноплёнки экспонированное изображение может ослабиться или полностью разрушиться. Также действует инфракрасное излучение на изопанхроматические слои киноплёнки. Обнаружено, что, чем крупнее и стабильнее центры

скрытого изображения, тем меньше эффект Гершеля. Для получения этого эффекта необходимы большие потоки энергии облучающего света. Чтобы разрушить скрытое изображение, в облучении должно быть в 10^8 — 10^{10} раз больше квантов, чем для образования скрытого изображения.

Эффект Гершеля уменьшается, если между облучением экспонированных киноплёнок красным светом и их проявлением проходит некоторое время.

Если скрытое изображение полностью разрушено облучением, светочувствительный слой становится более чувствительным, чем был до образования в нем скрытого изображения.

§ 54. Сохраняемость видимого изображения

Сохраняемость видимого изображения на киноплёнке зависит от многих причин. Черно-белые и цветные изображения сохраняются по-разному.

На сохранность изображения влияют процессы обработки киноплёнки и условия хранения.

Изображение на черно-белых киноплёнках состоит из металлического серебра, которое под действием некоторых невымытых химикатов может окисляться или обесцвечиваться. Так, остатки тиосульфата натрия в фотографическом слое или образовавшиеся при фиксации комплексные соединения способны переводить металлическое серебро в сернистое.

В результате на киноплёнке возникают желто-коричневые пятна сернистого серебра. Пятна очень хорошо заметны на деталях, имеющих небольшую плотность, и возникают они тем быстрее, чем хуже промыта киноплёнка после фиксации и чем мелкозернистее изображение.

Допустимое количество остаточных тиосульфатных соединений для разных киноплёнок неодинаково, зависит оно от вида изображения (негативное, позитивное и т. д.) и от сроков хранения. Чем дольше должно храниться изображение, тем лучше следует промывать киноплёнку после фиксации.

Продукты разложения подложки киноплёнки, а также некоторые промышленные газы могут быть причиной обесцвечивания серебряного изображения.

При длительном хранении киноплёнки, особенно в условиях повышенной влажности и температуры, в фотографическом слое мельчайшие частицы серебра, составляющие изображение, могут коагулировать в более крупные. В первую очередь это сказывается на участках с малыми плотностями, в результате чего черно-белое изображение становится контрастнее, а полутоны исчезают.

Изображение на цветных киноплёнках по сравнению с черно-белым серебряным сохраняется значительно меньше. Красители, образующие цветное изображение, недостаточно прочны. Устойчи-

вость красителей в значительной степени связана с их природой. Пока не удалось найти достаточно стойкие красители.

Обесцвечивание красителей и образование новых в киноплёнке могут происходить под действием света и в темноте. Световое и темновое обесцвечивание изображения происходят различно.

Под действием света желтый и пурпурный красители обесцвечиваются значительно быстрее, чем голубой. В результате серые детали в изображении приобретают синеватый оттенок. Однако световое обесцвечивание почти не имеет значения для цветного изображения на киноплёнке, так как суммарное время, в течение которого она находится под облучением — во время печатания изображения или проекции на экран, — составляет несколько десятков секунд.

При хранении киноплёнки в темноте происходят сложные химические реакции с красителями, составляющими цветное изображение. Важнейшие из этих явлений следующие: распад голубого красителя, приводящий к покраснению изображения; образование вещества коричневатого-желтого цвета в деталях с малой плотностью и на неэкспонированных участках киноплёнки, делающих изображение коричневым.

Процесс разрушения цветного изображения ускоряется при нарушении режима температуры и влажности окружающего воздуха, а также при наличии веществ, выделяющихся подложкой киноплёнки. Существенно влияет на сохранность изображения степень удаления из киноплёнки вредных веществ, оставшихся или образовавшихся в слоях при фотографической обработке.

Предложено несколько способов сохранения изображения. Основные из них следующие: специальная технология обработки киноплёнки, специальные условия хранения, многократное контрастирование, перезапись изображения и перенос на киноплёнку или на подложку со специальными слоями.

Технология фотографической обработки должна обеспечивать полное вымывание оставшихся веществ и предотвратить образование веществ, способных действовать на изображение во время хранения киноплёнки. Поэтому киноплёнки, подлежащие долгосрочному хранению, дополнительно обрабатывают в растворах, удаляющих соли тиосульфата натрия, цветное проявляющее вещество и другие загрязнители. Киноплёнки для обычного хранения могут содержать тиосульфата натрия не более 0,3 мг/м, для архивного хранения — не более 0,1 мг/м. Часто киноплёнки подвергают специальной обработке, повышающей устойчивость слоев к плесневому поражению.

В процессе хранения и обработки размеры киноплёнок могут меняться. Изменения бывают постоянными и временными.

Под постоянными изменениями размеров киноплёнок понимают усадку, происходящую вследствие потери остаточных растворителей и пластификаторов эмульсионным слоем и подложкой. На величину усадки влияют условия хранения киноплёнок, процессы фотографической обработки и техника проекции фильма.

Во время хранения киноплёнок, в том числе и обработанных, усадка продолжается, причем на величину усадки сильно влияют ха-

рактер упаковки рулонов, плотность намотки, температура и влажность в помещении. Иногда происходит удлинение продольных размеров киноплёнки, например при растяжении во время обработки в проволочных машинах.

Под временными изменениями размеров киноплёнок понимают усадку или удлинение вследствие влияния влажности окружающего воздуха. Изменение влажности воздуха на 1% вызывает почти вдвое большее изменение размеров по сравнению с колебаниями по температуре на 1°C, однако эти процессы обратимы.

По ОСТу 19-62—76 киноплёнки должны храниться при температуре воздуха $50 \pm 5^\circ$ и относительной влажности $60 \pm 10\%$ — до 15 суток; при температуре $20 + 2 - 5^\circ$ и относительной влажности $60 + 5 - 10\%$ — до одного года; при температуре $15 \pm 5^\circ$ и относительной влажности $50 + 15 - 10\%$ — до трех лет; с температурой $10 \pm 5^\circ$ и относительной влажности $50 + 10\%$ — свыше трех лет.

Перед передачей на склад на хранение киноплёнки наматывают на стандартные сердечники фотографическим слоем наружу, упаковывают в полиэтиленовые пакеты и укладывают в металлические или другие специальные коробки. Хранят их на стеллажах или в металлических шкафах в горизонтальном положении.

Температурно-влажностный режим хранения киноплёнок контролируется с помощью психрометров не реже одного раза в сутки.

Для увлажнения киноплёнок их помещают в специальные увлажнительные камеры (гидростаты) или особые шкафы-увлажнители. Эта операция проводится при температуре $15 - 20^\circ$ и относительной влажности $\sim 75 - 85\%$. Увлажняемые киноплёнки должны иметь слабую намотку фотографическим слоем наружу. Для увлажнения применяют насыщенные растворы хлористого натрия или бромистого калия. Продолжительность увлажнения 2—6 суток в зависимости от толщины фотографического слоя и степени пересушивания.

Для увлажнения можно воспользоваться и таким раствором:

Ацетона	15 мл
Глицерина	25 мл
Воды	60 мл

Продолжительность увлажнения — до двух суток.

Рулоны киноплёнки полезно упаковывать в полиэтиленовые пакеты толщиной 0,12 мм и более, так как тонкий полиэтилен гигроскопичен. Размеры пакетов должны быть такими, чтобы почти не осталось свободного места после помещения в них рулонов. Не менее одного раза в год следует менять упаковку киноплёнки, перекладывая ее в новые пакеты в условиях, исключающих конденсирование влаги. Иногда киноплёнки рекомендуют помещать в вакуум, в инертные газы и другие специальные условия.

Предложено много способов долгосрочного сохранения изображения. Например, путем перезаписи изображения с киноплёнки на магнитную ленту и перевода изображения с киноплёнки на металлическую ленту или диск и т. д. Иногда сохраняют изображение многократным его контрастированием. В этом случае процесс идет по та-

кой схеме: цветной негатив → три черно-белых цветоделенных позитива → цветной контратип. С цветного негатива через три зональных светофильтра изображение печатают на черно-белые сенсibilизированные дубльпозитивные киноплёнки. После фотографической обработки получают три частичных черно-белых промежуточных позитива, с которых изготавливают три черно-белых контратипа или один цветной контратип.

Повторяя с разрывами в несколько лет каждый из циклов контратипирования, можно на весьма длительное время сохранить изображение. Разумеется, что, чем больше будет циклов контратипирования, тем значительно снизится качество изображения. Получение частичных изображений и дальнейшее их совмещение возможно лишь при использовании киноплёнок на безусадочной подложке и при работе на очень точной копировальной аппаратуре. Чтобы исключить несовмещение частичных изображений из-за различной усадки киноплёнок, эти изображения рекомендовано размещать на одной киноплёнке, т. е. помещать кадры рядом или друг под другом.

В связи с тем что ни один из существующих способов не обеспечивает доброкачественного и длительного сохранения фильмовых материалов, исследования в этой области являются весьма актуальными.

§ 55. Профилактическая обработка и реставрация киноплёнки

Профилактическая обработка должна предохранять киноплёнку, снижая ее износ во время эксплуатации.

Так, в целях профилактики на поверхности киноплёнки наносят защитные покрытия или применяют вещества, стабилизирующие ее физико-механические свойства.

Составы защитных покрытий весьма различны; они могут содержать природные и синтетические воски, полимеры, кремнийорганические вещества, снижающие коэффициент трения и адгезионное взаимодействие между контактирующими поверхностями, а также предохраняющие киноплёнку от электризации, запыления и других влияний.

Для защитной обработки киноплёнки применяют специальные и чистильные машины. Защитные операции в них ведутся раздельно, например парафинирование, лакирование, смазка, антистатическая обработка; иногда несколько операций объединяются в одну, например чистка и смазка, чистка и лакировка и т. д. Многие защитные покрытия по мере износа могут быть смыты и вновь нанесены на киноплёнку.

Стабилизацию физико-механических свойств киноплёнки проводят путем ее обработки в растворах, содержащих дубящие вещества, повышающие прочность фотографического слоя и уменьшающие его набухаемость; пластификаторы, увеличивающие эластичность и морозостойкость слоев. Для стабилизации изображения киноплёнку

дополнительно обрабатывают в фиксирующем растворе и в воде или в специальных растворах, повышающих сохраняемость изображения.

Для восстановления утраченных свойств поврежденных негативов, контратипов, промежуточных позитивов и т. д., их чистки и приведения к первоначальному или близкому к первоначальному виду применяют реставрационную обработку.

В процессе реставрации восстанавливают физико-механические свойства киноплёнки, удаляют загрязнения; устраняют царапины и потертости с поверхностей; уничтожают цветные пятна, осадки, плесень и другие подобные дефекты; ремонтируют разорванные перфорации, склейки и края киноплёнки, исправляют фотографическое изображение; заменяют поврежденные участки киноплёнки новым изображением и т. д.

Для восстановления физико-механических свойств киноплёнки ее фотографический слой обрабатывают диффузионными способами с использованием пластификаторов, глицерин и поверхностно-активных веществ. Временного устранения хрупкости и скручиваемости киноплёнки достигают выдерживанием ее над паро-воздушной средой, включающей пары органических растворителей, действующих на фотографический слой и подложку. К таким составам относятся спирто-вода-ацетоновые смеси.

Часто хрупкую киноплёнку, слабо сматанную в рулон, помещают во влажное помещение или в специальную камеру.

Больше всего киноплёнку загрязняет пыль, которая притягивается ею и прочно держится на поверхностях за счет электростатического электричества, возникающего при перематке и вследствие молекулярного сцепления частиц пыли.

Известно, что после фотографической обработки киноплёнки, удаления противореального слоя, а для цветных киноплёнок и после удаления серебра электростатические свойства киноплёнки в значительной мере ухудшаются. Чем больше киноплёнка заряжена электростатическим электричеством, тем сильнее притягиваются к ней частицы пыли.

Электростатические свойства киноплёнки зависят от относительной влажности окружающего воздуха. Выяснено, что при 60—65% относительной влажности воздуха и температуре 21—24°C создаются оптимальные условия для обработки киноплёнки и для обслуживания персонала. По мере уменьшения влажности в помещении усиливается осаждение частиц пыли на киноплёнку, а при 45% относительной влажности невозможно поддерживать чистоту на поверхностях киноплёнки.

Чтобы уберечь киноплёнку от пылевого загрязнения, все помещения, где ее обрабатывают (проявочные, копировальные, монтажные и др.), должны иметь кондиционированный воздух с ламинарным потоком. Для такого кондиционирования необходимо поддерживать избыточное атмосферное давление, предотвращающее проникновение загрязненного воздуха в помещение при открывании входной двери.

Рабочие помещения должны тщательно убираться. Причем сухая уборка недопустима. Стены, потолки, трубопроводы очищаются пыле-

сосом или влажной тканью. При работе с пылесосом следует обращать внимание на то, чтобы воздух не просачивался через фильтр обратно в помещение. При мытье полов используют синтетические щетки, а не волокнистые швабры или тряпки. Также нельзя прижигать стиральные пасты и порошки, частицы которых могут оседать на поверхностях помещения.

Одежда работников может быть источником пыли, например лубая хлопчатобумажная волокнистая ткань сильно загрязняет киноплёнку. Поэтому халаты, комбинезоны и шапочки делают из синтетического полиэфинового волокна. Разумеется, одежда всегда должна быть чистой.

При перематывании киноплёнки пользуются мягкими чистыми хлопчатобумажными перчатками, обработанными антистатиком.

Как правило, допуск посторонних людей в рабочие помещения должен быть запрещен.

Пыль, волокна и другие подобные загрязнения с поверхностей киноплёнки удаляют ручным или машинным способами.

При ручном способе чистки киноплёнку обрабатывают тампоном из замши, бархата или другого подобного материала, обязательно смоченным в этиловом спирте, фреоне-113, метилхлорформе и др.

Машинная чистка быстрее и эффективнее. Существуют машины, на которых применяются различные способы удаления загряз-

Рис. IX.2. Схема ультразвуковой чистильной машины: 1 — подающая кассета, 2 — лентопротяжный механизм, 3 — бак с очищающей жидкостью, 4 — ультразвуковой преобразователь, 5 — форсунки для душевой промывки, 6 — форсунки воздушной сушки, 7 — приемная кассета, 8 — подготовительное устройство машины, 9 — ультразвуковой генератор

нений.

Наиболее распространены машины, очищающие киноплёнку с помощью ультразвука. На рис. IX.2 показана принципиальная схема ультразвуковой чистильной машины. Киноплёнка из кассеты поступает в бак с очищающим раствором, который состоит из органических растворителей жиров — метилхлорформа, перхлорэтилена, фреона-113 и др. В баке установлен ультразвуковой преобразователь, питаемый генератором. Во время работы преобразователь вызывает в баке с раствором процесс кавитации, т. е. эффект, подобный кипению с образованием в жидкости множества пузырьков, содержащих пары очищающего раствора. Пузырьки с очень большой силой действуют на поверхности киноплёнки, проникают в поры, щели, зазоры и очищают их от различных загрязнителей. После чего киноплёнка промывается в чистых струях растворителя и через сильный шкаф поступает на наматыватель. Растворитель и воздух во время работы

машины непрерывно очищаются фильтрами и стабилизируются по температуре.

Царапины и потертости на поверхностях киноплёнки пропечатывающегося характера сильно мешают зрительному восприятию изображения.

Если на подложке киноплёнки есть царапины, свет, проходя во время печатания через них, рассеивается, смещается и отбрасывает тень на светочувствительный слой экспонируемой киноплёнки. В результате на проявленном изображении появляются белые линии.

Для устранения царапин и потертой поверхности на подложке киноплёнки применяют глянцеование и матирование. Эти способы основаны на поверхностном растворении подложки и ее накатки на ребра диска, которые могут быть глянцевыми или матовыми.

Глянцевание и матирование производят машинами различных конструкций. Основным узлом в машинах служит стеклянный диск с транспортирующим устройством и ванночкой для растворителя (рис. IX.3). Во время работы подложка киноплёнки плотно прижимается к глянцевой или матовой поверхности ребра диска, непрерывно вращающегося и смачивающегося в расположенной под ним ванночке с растворителем. Жидкость, захватываемая диском, растворяет поверхность подложки и подготавливает ее к накату. Ребро диска, плотно прижатое к подложке, делает поверхность киноплёнки глянцевой или матовой. Степень устранения царапин и потертой поверхности зависит от оттиска диска. С помощью глянцеования устраняются небольшие повреждения на подложке, а матированием — более глубокие царапины.

Глянцеванные киноплёнки пригодны для оптического и контактного печатания изображения. Недостатком глянцеования является то, что такие киноплёнки повреждаются значительно быстрее, чем нераставрированные. Матированные киноплёнки не пригодны для печатания оптическими копировальными аппаратами, так как подложка, ставшая зернистой, пропечатывается и делает изображение зернистым. Вследствие этого глянцеование и матирование киноплёнки применяют лишь в крайних случаях.

Есть способ, основанный на том, что диск небольшого диаметра, вращаясь в ванночке с растворителем, наносит на подложку киноплёнки, не касаясь ее тончайший слой растворителя удаляющего мелкие повреждения. Этот способ не требует длительного гистростатирования, применяемого перед обычным глянцеованием или матированием с целью устранения коробления, которое служит причиной

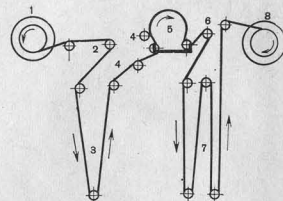


Рис. IX.3. Схема машины для глянцеования и глянцеования подложки киноплёнки: 1 — сматыватель, 2 — пылесос, 3 — первая камера, 4 — камера, 5 — узел прижимных роликов, 6 — узел отжимных роликов, 7 — вторая камера, 8 — наматыватель

возникновения вокруг перфораций бугорков, мешающих плотному контакту поверхности подложки с диском.

Царапины на фотографическом слое киноплёнки при печатании воспроизводятся в виде черных или цветных линий. Устранение царапин и потертостей на фотографическом слое основано на способности набухшей желатины при высыхании затягивать неглубокие повреждения.

Для устранения царапин и потертостей киноплёнку обрабатывают в реставрационных машинах. На рис. IX.4. приведена схема ма-

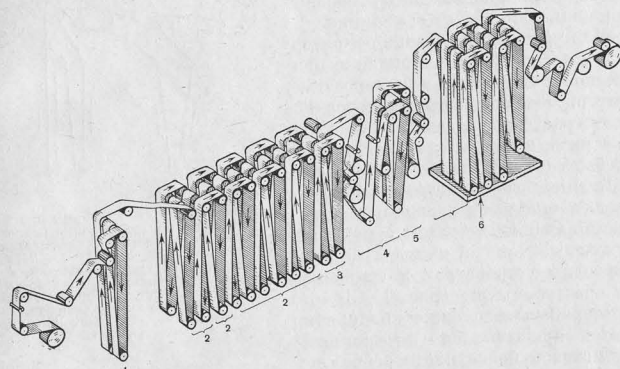


Рис. IX.4. Схема реставрационной машины: 1 — магазин запаса, 2 — баки с растворами, в которых набухает фотографический слой, 3 — баки с промывной водой, 4 — глиняцевальный узел, 5 — баки с промывной водой, 6 — сушильный шкаф

шины, в которой киноплёнка из кассеты через загрузочный магазин поступает в баки с водными растворами синтетических моющих средств. В баках происходит двусторонняя очистка и набухание фотографического слоя. Чтобы повысить его набухание, в раствор вводят специальные вещества. Затем очищенная и набухшая киноплёнка поступает в устройство с замшевыми барабанами-щетками, которые полируют фотографический слой и заделывают повреждения. Полировка слоя происходит при непрерывной подаче воды через сопла, направленные на поверхность влаги, киноплёнка попадает в отделение лакировки, где на фотографический слой наносится защитный лак. После чего киноплёнка сушится и поступает на наматыватель. Состав растворов и температура поддерживаются постоянными с помощью дозаторов и терморегуляторов.

Для устранения плесени рекомендованы различные растворы, например 1%-ный спиртовой раствор динитротрихлорбензола, динитроданбензола и др. Однако, прежде чем применять какие-либо раство-

ры, необходимо их проверить опытным путем на пробах от реставрируемой киноплёнки, так как иногда под действием растворов может изменяться цветное изображение.

Иногда в фильм включают старые хроникальные и архивные материалы, изношенные или плохо хранившиеся. Такие материалы плохо поддаются реставрации, поэтому для каждого материала подбирают индивидуальный способ обработки. Реставрация может быть руч-

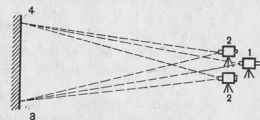
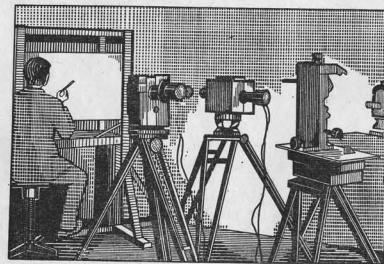


Рис. IX.5. Установка для покадровой пересъемки с ретушью изображения: 1 — покадровый проектор, 2 — съемочные аппараты для покадровой съемки, 3 — место ретушера, 4 — экран, на котором производится ретушь изображения

ной, например при ремонте нарушенных перфораций или края киноплёнки, при удалении следов воскового карандаша и других дефектов.

В ряде случаев применяют контратипирование с иммерсионным печатанием изображения или покадровое репродуцирование с ретушью изображения (рис. IX.5). Репродуцированием можно изменить масштаб изображения, удлинить или сократить количество кадров по отношению к переснимаемому оригиналу, исправить неустойчивость кадра и т. д. Ретушь при репродуцировании позволяет устранять пятна, царапины и лишние детали в изображении.

- Артюшин Л. Ф. Основы воспроизведения цвета. М., «Искусство», 1970.
- Бараусова Н. С., Бондарчук В. М., Гинзбург Л. С., Гусев В. П., Проворнов С. М., Серединский А. М. Кинооборудование кино- и телестудий. М., «Искусство», 1975.
- Блюмберг И. Б. Технология обработки кинофотоматериалов. М., «Искусство», 1967.
- Высоцкий М. З. Системы кино и стереозвук. М., «Искусство», 1971.
- Выходцев А. В. Телевизионная передача кинофильмов. М., «Связь», 1975.
- Голдовский Е. М. Введение в кинотехнику. М., «Искусство», 1974.
- Головня А. Д. Мастерство кинооператора. М., «Искусство», 1965.
- Гороховский Ю. М., Левенберг Т. М. Общая сенситометрия. М., «Искусство», 1963.
- Ирский Г. Л. Современный кинотеатр. М., «Искусство», 1976.
- Кириллов Н. И. Основы процессов обработки кинофотоматериалов. М., «Искусство», 1977.
- Коноплев Б. Н. Основы фильмопроизводства. М., «Искусство», 1975.
- Миз К., Джеймс Т. Теория фотографического процесса. Л., «Химия», 1973.
- Основы технологии светочувствительных материалов. Под общей редакцией проф. В. И. Шеберстова. М., «Химия», 1977.
- Современные системы записи и воспроизведения изображения. Сост. В. И. Ушагина. М., «Искусство», 1972.
- Шашлов Б. А. Теория фотографического процесса. М., «Книга», 1971.

От автора	2
Глава I. Общие сведения о киноплёнках и фотографических процессах	3
1. Строение киноплёнок	3
2. Отделка киноплёнок	10
3. Упаковка киноплёнки	11
4. Контроль киноплёнок	12
5. Экспонирование киноплёнок	12
6. Проявление изображения	15
7. Закрепление изображения	23
8. Промывание киноплёнок	24
9. Вспомогательные и дополнительные операции	26
10. Машинная обработка киноплёнок	28
11. Эффекты проявления	37
Глава II. Свойства киноплёнок	39
12. Сенситометрия	39
13. Структурометрия	60
14. Физико-механические свойства киноплёнок	66
15. Размеры киноплёнок	67
Глава III. Негативный процесс	70
16. Негативные киноплёнки	70
17. Гиперсенситализация и латенсификация киноплёнок	81
18. Фотографическая обработка негативных киноплёнок	83
19. Негативное изображение	92
20. Подготовка негативов к печатанию	94
21. Монтаж негатива	95
22. Контроль негатива	98
Глава IV. Позитивный процесс	107
23. Позитивные киноплёнки	107
24. Копировальный аппарат	112
25. Печатание	123
26. Фотографическая обработка позитивных киноплёнок	133
27. Звук в позитиве	137
28. Контроль позитива	139
Глава V. Процесс обращения	145
29. Обращаемые киноплёнки	146
30. Обработка обращаемых киноплёнок	152

§ 31. Обращенное изображение	167
§ 32. Копии с обращенного изображения	169
§ 33. Исправление обращенного изображения	170
§ 34. Монтаж обращенных позитивов	171
§ 35. Контроль обращенного изображения	173
Глава VI. Контратипирование	174
§ 36. Контратипирование черно-белого изображения	176
§ 37. Контратипирование цветного изображения	178
§ 38. Сквозной фотографический контроль	182
§ 39. Трансформированные изображения	185
Глава VII. Процесс фильмокопирования	188
§ 40. Изображение в фильмокопии	188
§ 41. Гидротипные фильмокопии	190
§ 42. Разноформатные фильмокопии	194
§ 43. Фильмокопии для телевидения	200
§ 44. Бессеребряные фильмокопии	201
§ 45. Субтитрированные фильмокопии	202
§ 46. Видео диск	203
§ 47. Контроль фильмокопий	205
Глава VIII. Демонстрационный процесс	208
§ 48. Киноустановка	208
§ 49. Зрительный зал	215
§ 50. Оценка технического качества кинопоказа	217
§ 51. Телекинопередача	221
Глава IX. Процесс старения	225
§ 52. Сохраняемость киноленок	225
§ 53. Сохраняемость скрытого изображения	227
§ 54. Сохраняемость видимого изображения	229
§ 55. Профилактическая обработка и реставрация киноленки	232
Литература	238

Иофис Е. А.
И 75 Кинофотопроцессы и материалы. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Искусство, 1980. — 240 с., ил.

Книга является учебником по одноименному курсу для студентов операторского факультета Всесоюзного государственного института кинематографии. В ней описываются свойства киноленок, цветных и черно-белых кинофотоматериалов, рассматриваются принципы оценки изображений. Предыдущее издание вышло из печати в 1964 году. Книга предназначена для студентов ВГИКа, а также операторов-практиков, работающих на кино- и телестудиях, в исследовательских институтах.

И 32303—047 122—80
025(01)—80

ББК 37.95
778